



HELSINGIN YLIOPISTO  
HELSINGFORS UNIVERSITET  
UNIVERSITY OF HELSINKI

# **Kontaminoivien tekijöiden vaikutus yksivaiheisen itse-etsaavan 3M ESPE Scotchbond Universal -sidosaineen ja 3M Filtek Supreme XTE -yhdistelmämuovin väliseen sidoslujuuteen 36 tuntia ja 6 kuukautta toimenpiteen jälkeen**

HLK Oliver Koskivirta

014605514

Helsinki 28.5.2020

Tutkielma

Ohjaajat: EHL Ulla Palotie ja EHL Anja Kotiranta

HELSINGIN YLIOPISTO

Lääketieteen tiedekunta





Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty Lääketieteellinen tiedekunta		Laitos/Institution – Department Suu- ja leukasairauksien osasto, Clinicum
Tekijä/Författare – Author HLK Oliver Koskivirta 014605514		
Työn nimi / Arbetets titel – Title Kontaminoivien tekijöiden vaikutus yksivaiheisen itse-etsaavan 3M ESPE Scotchbond Universal -sidosaineen ja 3M Filtek Supreme XTE -yhdistelmämuovin väliseen sidoslujuteen 36 tuntia ja 6 kuukautta toimenpiteen jälkeen		
Oppiaine /Läroämne – Subject Kovakudos- ja infektiosairaudet		
Työn laji/Arbetets art – Level Syventävä tutkielma	Aika/Datum – Month and year 05/20	Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages 50 + 13 s.
Tiivistelmä/Referat – Abstract <b>Tutkimuksen tarkoitus:</b> Suomessa hammaslääkärit tekevät vuosittain yli 3 miljoonaa paikkaustoimenpidettä ja arviolta noin 30-50% työajasta menee paikkaukseen. Yksivaiheinen itse-etsaava Scotchbond Universal -sidosaaine (SBU, 3M Espe, Yhdysvallat) oli Suomen myydyin sidosaaine vuonna 2018 ja sen käyttö on hyvin olosuhte- sekä tekniikkasensitiivistä. Laadukkaan ja kestävä yhdistelmämuovipaikan tekeminen vaatii valmistajien antamien käyttöohjeiden ja hoitosuosituksen tarkkaa noudattamista. Paikkauksen kustannustehokkuuden ja potilaiden suun terveyden kannalta oli perusteltua tutkia, miten sidostamisen aikana tapahtuvat sylki, alumiinikloridi (AlCl <sub>3</sub> ) ja sinkkioksidi-eugenoli (ZnO) kontaminaatiot vaikuttavat sidosaaineen shear bond strength (SBS) -sidoslujuteen, jota voidaan epäsuorasti käyttää paikan kestävyysmittarina. Tutkimustulosten tarkoitus oli tukea hammaslääkäriä arvioimaan vaikuttaako kontaminaatio paikan välittömään tai 6 kuukauden jälkeiseen ennusteeseen ja onko aiheellista tehdä sidostamista tai paikkaa uudestaan sidoslujuteen maksimoimiseksi? <b>Materiaalit ja menetelmät:</b> Tutkielma koostuu kirjallisuuskatsauksesta sekä laboratoriokokeesta. Kirjallisuuskatsauksessa tarkasteltiin yksivaiheisten itse-etsaavien sidosaaineiden koostumusta ja käyttötarkoitusta sekä aikaisempaa kirjallisuutta kontaminoivien tekijöiden vaikutuksesta sidoslujuteen tai paikkojen kestävyys. Laboratoriokokeessa preparoitiin 77 kariesvapaata molaarihammasta, joiden dentiiniin sidostettiin sylinterimäinen yhdistelmämuovipilari (Filtek Supreme XTE, 3M Espe, Yhdysvallat) viiden eri ryhmän mukaan. Ryhmät olivat: positiivinen (PK) ja negatiivinen kontrolliryhmä (NK) sekä kolme eri koeryhmää. Koeryhmien hampaiden dentiini tai sidosaaine kontaminoitiin kussakin ryhmässä jollakin seuraavista aineista: syljellä, alumiinikloridilla tai sinkkioksidi-eugenolilla. Paikkojen irtoamiseen tarvittavaa sidoslujuus testattiin Shear bond tester – sidoslujuteen mittaussaliteella. Sidoslujuteet mitattiin 36 tuntia sekä 6 kuukautta paikkaustoimenpiteen jälkeen. Näytteitä säilytettiin natriumatsidiliuoksessa lämpökaapissa (37°C). <b>Tulokset ja johtopäätökset:</b> Tutkimuksesta saadut tulokset olivat epäjohdonmukaisia ja koeryhmien tuloksissa oli paljon hajontaa. Sidoslujuuksien suurenemista havaittiin kolmessa ryhmässä (MPa: PK +1,96, AlCl <sub>3</sub> +3,50 ja ZnO +2,52) kuuden kuukauden säilyttämisen jälkeen, kun taas pienentymistä havaittiin ainoastaan sylkikontaminaatio ryhmässä (-3,78 MPa). Tilastollisen analyysissä käytetyn yksisuuntaisen ANOVAn perusteella ryhmien välittömien sidoslujuuksien välillä havaittiin tilastollinen merkitsevyys (P=0,006), kun tulosten oletettiin jakautuvan normaalisti. Post hoc. T-testin perusteella tilastollinen merkitsevyys havaittiin sylki ja PK sekä sylki ja sinkkioksidi-eugenoli ryhmien välillä. Kuuden kuukauden näytteiden sidoslujuuksien eroilla ei havaittu olevan tilastollista merkitsevyyttä. Tulosten perusteella pääteltiin, että sylki-, alumiinikloridi- tai sinkkioksidi-eugenoli kontaminaatioilla ei ollut merkittävää vaikutusta SBU:n SBS-sidoslujuteen välittömästi tai kuusi kuukautta toimenpiteen jälkeen, kun kontaminoivat aineet huuhdeltiin/kuivattiin huolellisesti pois dentiinin pinnalta, ennen sidosaaineen levittämistä. Sattuman vaikutusta ei kuitenkaan voitu tilastollisesti poissulkea kaikkien ryhmien osalta tässä tutkimuksessa, minkä takia tuloksia piti yleistää varovaisesti. Tulosten perusteella pääteltiin, että kontaminaation sattuessa on edelleen hyvin suositeltavaa uusia sidostamista ja käyttää paikkauksen aikana parhaita saatavilla olevia kosteudenhallinnan välineitä. (363 sanaa)		
Avainsanat – Nyckelord – Keywords sidosaaine, sidoslujuus, kontaminaatio, dentiini		
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited EThesis		
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information		



## Sisällysluettelo

## Sivu

---

1 Johdanto .....	1
2 Kirjallisuuskatsaus .....	4
2.1 Sidosaineet yleisesti .....	4
2.2 Scotchbond Universal 3M ESPE .....	7
2.3 Sidostaminen Scotchbond Universalilla .....	9
2.4 3M Espe Filtek Supreme XTE .....	9
2.5 Ultradent Viscostat Clear .....	10
2.6 Dentsply Sirona IRM-Caps .....	10
2.7 Kontaminoivat tekijät .....	11
3 Tavoite ja hypoteesi .....	15
4 Tutkimusmenetelmät .....	16
4.1 Kokeessa käytetyt hampaat .....	18
4.2 Näytteiden valmistus ja testaus .....	19
5 Tulokset .....	28
5.1 Sidoslujuudet 36 tunnin jälkeen .....	28
5.2 Sidoslujuudet 6 kuukauden jälkeen .....	32
6 Pohdinta .....	34
6.1 Päälöydökset .....	34
6.2 Tulosten merkitys .....	35
6.3 Sylkikontaminaatio .....	36
6.4 Alumiinikloridi .....	36
6.5 Sinkkioksidi-eugenoli .....	37
6.6 Menetelmän rajoitukset ja kehitysehdotukset .....	38
6.7 Sidoslujuuksien mittaaminen .....	41
6.8 Yhteenveto .....	42
7 Lähdeluettelo .....	45
8 Liitteet .....	51



## Johdanto

Hammaslääkärin tavoite korjaavassa hoidossa on tehdä kariuksen vaurioittamaan hampaaseen toiminnallinen, kestävä ja tiivis pysyvä paikka valitsemalla kaviteettiin, hampaaseen ja potilastapaukseen sopivaa paikkausmateriaalia. Aikuisten pysyvissä hampaissa alle kolmen pinnan kattavia kaviteetteja suositellaan täyttämään paikkaushoidon Käypä Hoito -suosituksen [1] mukaan suoralla paikkaustekniikalla käyttämällä yhdistelmämuovia hyvän esteettisyyden, kestävyys- sekä käsiteltävyyden takia. Yhdistelmämuovi sidostetaan dentiiniin ja kiilteeseen adhesiivin, eli sidosaineen avulla. Sidosaineen levitys, käsittely sekä valokovetus ovat valmistajien ohjeiden ja yleisen kliinisen käsityksen mukaan kriittisiä ja virhealttiita työvaiheita onnistuneen pysyvän paikan tekemisessä.

Irronneet, lohjenneet sekä sekundaarikariuksen vuoksi uusittavat yhdistelmämuovipaikat kuormittavat hammashoitoa ml. julkista terveydenhuoltoa sekä potilaita taloudellisesti, ja sen takia pysyvän paikan tekeminen asianmukaisella tekniikalla välttämättä kirjallisuudessa [2,3,4,5,6] tunnistettuja ennusteeseen heikentävästi vaikuttavia kontaminoivia tekijöitä ensimmäisellä hoitokerralla on tärkeää. Forssin ja Widströmin kyselytutkimukseen perusteella: ”Aikuisille (mediaani-ikä 51 vuotta) valmistetuista paikoista valtaosa (65 %) tehtiin aiempien paikkausten korjaamiseksi tai uusimiseksi. Tavallisin syy yhdistelmämuovipaikan uusimiseen olivat sekundaarikariesvauriot (41%). Muita tavallisia syitä olivat hampaan tai täyteen lohkeama (22%) ja irronnut täyte (16%)” [7]. Hammaslääkäriopiskelijoiden simulaatioharjoituksissa on huomattu, että yhdistelmämuovipaikan irtoamisen riski kasvaa, jos sidostaminen tehdään väärällä tekniikalla vastoin valmistajan tai opettajan ohjeita tai jos sidosaine kontaminoituu. Kliinisten pitkittäistutkimusten [8,9] perusteella yhdistelmämuovipaikan irtoaminen johtuu yleensä hampaan ja paikkausmateriaalin välisistä avonaisista saumoista, eikä sidosaineen tai kaviteetin mekaanisen retention heikkenemisestä. Yhdistelmämuovipaikan irtoamiseen vaikuttaa myös MMP-entsyymien aiheuttama sidosaineen hybridikerroksen ja kollageeniverkoston hydrolyyttinen hajoaminen ajan myötä. Sidoksen on todettu hajoavan jo aikaisintaan vuoden toimenpiteen jälkeen, jos etsattua kaviteettia ei ole käsitelty klooriheksidiinillä

etsaamisen jälkeen [10]. Vuonna 2016 tehdyssä systemaattisessa katsauksessa [11] klooriheksidiinin vaikutuksesta yhdistelmämuovipaikan sidoksen heikkenemiseen vähintään kuusi kuukautta toimenpiteen jälkeen, todetaan että klooriheksidiini vähentää sidoslujouden heikkenemistä lähes kaikissa katsaukseen valituissa tutkimuksissa. Katsauksessa on kaksi yksittäistä pientä tutkimusta, joissa hyötyä ei ole voitu todistaa. Klooriheksidiinin käytön hyödyistä on kuitenkin myös saatu viitteitä tuoreessa meta-analyysissä, jossa havaitaan klooriheksidiinin suojaava vaikutus mikrotensiili sidoslujuteen vähintään kuuden kuukauden seurannan jälkeen [12].

Sidostaminen on kliinisenä työvaiheena haastava ja altis useille systemaattisille tai satunnaisille virheille ja kontaminoiville tekijöille, kuten syljelle, vedelle, verelle, ientaskunesteelle, liialliselle valolle ja paikkaushoidon muille käsittelyaineille. Van Meerbeekin artikkelissa käsitellään nykyaikaisten sidosaineiden tekniikkasensitiivisyyttä: ”Nykyaikaisia sidosaineita pidetään usein hyvin tekniikkaherkkinä, jolloin kliinisessä työskentelyssä tapahtuvasta pienimmästäkin virheestä seuraa joko sidostuksen nopea pettäminen tai varhainen marginaalinen degradaatio [13].” Lisäksi näyttönä oikean sidostamistekniikan ja hammaslääkärin tietojen ja taitojen tärkeydestä kestävä paikan tekemisessä ovat tutkimukset, joissa yhdistelmämuovipaikkojen sidoslujuuksia on saatu suurennettua kertaamalla hammaslääkäreille tai hammaslääketieteen opiskelijoille sidostamis- sekä valokovetustekniikkaa [14]. Kontaminaation sattuessa tulee hammaslääkärin harkita kaviteetin dekontaminoimista. Tässä tutkimuksessa kontaminoiva aine poistetaan dentiinin pinnalta yleisimmillä menetelmillä, eli huuhtelemalla, kuivaamalla tai pyyhkimällä kontaminoiva aine dentiinistä.

Voimakkaan kemiallisen ja mikromekaanisen sidoksen muodostumiseen vaikuttavat tekniikan, paikkausmateriaalin ja olosuhteiden lisäksi myös muut tapauskohtaisesti muuttuvat tekijät kuten: kaviteetin muoto, dentiinin mikro- ja makroskooppinen rakenne, porausjätekerros (smear layer), dentiinissä olevien kollagenaasi-entsyymien aktiivisuus, syljen ja ientaskunesteen eristäminen kaviteetista sekä kaviteetin esikäsittelyn aste. Lisäksi täytyy ottaa huomioon, että jokainen potilas on biologisesti ja fysiologisesti erilainen ja jokaisen hampaan morfologia on yksilöllinen. Hoitavan hammaslääkärin tulee riskejä arvioiden poiketa tapauskohtaisesti hoitosuosituksista

toimenpiteen loppuunsaattamiseksi, jolloin otetaan tietoinen riski paikan ennusteen suhteen. Paikan kestävyyttä arvioidessa kaviteetin muoto on tärkeä tekijä, koska dentiiniin sidostaminen on kiilteeseen verrattuna hankalampaa, johtuen irrallisesta orgaanisesta materiaalista, tubuluksista tulevasta kosteudesta sekä harvemmasta tubulaarisesta mikrorakenteesta. Dentiinitubulusten määrä ja koko voivat vaihdella potilaiden ja hampaiden välillä [15,16]. Dentiinitubulusten tiheys vaikuttaa peritubulaarisen ja tubulaarisen dentiinin määrään. Dentiini on hyvin dynaaminen kudus ja sen määrä ja laatu muuttuu hampaissa ihmisten elämän aikana. Dentiinissä oleva hydroksiapatiitti on epäjärjestäytyneempää kuin kiilteessä [17]. Kokonaisuudessaan sidos rakenteellisesti stabiilimpaan ja epäorgaaniseen kiilteeseen on voimakkaampi ja merkittävämpi paikan kiinnittymisen kannalta.

Tutkielmani koostuu kirjallisuuskatsauksesta ja in-vitro laboratoriotutkimuksesta. Tutkimusongelmani on, miten sylki, alumiinikloridi ( $\text{AlCl}_3$ ) sekä sinkkioksidi-eugenoli ( $\text{ZnO}$ ) vaikuttavat Scotchbond Universal -sidosaineella (Scotchbond Universal, SBU, 3M Espe, Yhdysvallat) sidostetun Filtek Supreme XTE -yhdistelmämuovipaikan ja dentiinipinnan väliseen sidoslujuuteen. Tutkin edellä mainittujen kontaminoivien tekijöiden vaikutusta SBU-sidosaineen tuottamaan sidoslujuuteen, koska se on ollut Suomen myydyin sidosaine vuodesta 2018 lähtien [18] ja se on käytössä ensisijaisena sidosaineena korjaavan hoidon toimenpiteissä Helsingin Yliopiston suu- ja leukasairauksien osastolla simulaatio-opetuksessa ja kliinisessä hoitoharjoittelussa HUS suusairauksien opetus- ja hoitoyksikössä.

Kontaminoivien tekijöiden vaikutusta sidoslujuuteen on tutkittu eri vuosikymmeninä, käyttäen useita eri sidosaineita ja tutkimusmenetelmiä, mutta riippumattomia tutkimuksia uudesta SBU on vielä vähän saatavilla. Kirjallisuuskatsauksen perusteella tutkimuksen hypoteesi on: tutkittavat kontaminoivat tekijät heikentävät merkittävästi yksivaiheisen itse-etsaavan (1SE) SBU-sidosaineen sidoslujuutta 36 tuntia ja kuusi kuukautta toimenpiteen jälkeen positiiviseen kontrolliryhmään (PK) verrattuna. Laboratoriotutkimuksella määritetyn sidoslujuuden voidaan olettaa kuvaavan epäsuorasti paikan kestävyyttä ja tuloksen avulla voidaan mahdollisesti ottaa kantaa tulevaisuuden paikkaushoidon hoitosuosituksiin.

Tutkimuksen tuloksilla on mahdollisesti vaikutus sidostamisen ja paikkauksen tulevaisuuden hoitosuosituksiin, ja SBU:n käyttöohjeeseen. Laboratoriotutkimusten avulla pyritään selvittämään vastauksia seuraaviin kliinisesti ja taloudellisen tehokkuuden kannalta tärkeisiin kysymyksiin:

- 1.) Heikentyykö paikan ennuste välittömästi tai 6 kuukautta toimenpiteen jälkeen, jos 1SE SBU-sidosaine kontaminoituu syljellä tai Viscostat Clear -hemostaatilla, kun kestävyden mittarina käytetään sidoslujutta?
- 2.) Onko suositeltavaa käyttää pysyvän paikan sidostamiseen 1SE SBU-sidosainetta, jos kaviteetissa on ollut sinkkioksidi-eugenolia sisältävä väliaikainen paikka?
- 3.) Antavatko tutkimuksen kvantitatiiviset tulokset syyn pohtia paikkaushoidon toimenpiteiden aikaisen kosteudenhallinnan tai muiden kontaminaatioiden ennaltaehkäisemiseksi käytettävien keinojen tarpeellisuutta, kuten hemostaasia tai poskilevyjä?

## **2 Kirjallisuuskatsaus**

Kirjallisuuskatsaus koostuu alaotsikoista, joissa kerrotaan sidosaineista yleisesti, SBU:sta (tuotetiedot, koostumus ja käyttöohjeet), sidostamisen perusteista sekä yleisimmistä kontaminaation lähteistä. Kirjallisuuskatsauksen tiedonhaussa on käytetty Pubmed-tietokantaa sekä 3M ESPE:n, Ultradent:n ja Dentsply Sirona:n tuotekansioita.

### **2.1 Sidosaineet yleisesti**

Sidosaineet vahvistavat yhdistelmämuovin kemiallista ja mikromekaanista retentiota hampaan kiilteeseen ja dentiiniin. Dentiinin ja porausjätekerroksen esikäsittelyn jälkeen monomeerit infiltroituvat dentiiniin ja korvaavat etsauksessa demineralisoituneet mineraalit. Kiilteessä monomeerit pääsevät infiltroitumaan etsaushapon tuottamiin hydroksiapatiittikiteistä koostuvien kiilleprismojen mikrohuokosiin, erityisesti silloin kun tehdään kiilteen erillinen etsaus. Mikrohuokokset toimivat laajana reaktiivisena pintalana voimakkaalle sidokselle. Valokovetetut monomeerit polymerisoituvat diffuusissa hammaskudoksessa ja dentiinitubuluksissa ja muodostavat dentiinin ja sidosaineen rajapintaan hybridikerroksen. Hybridikerroksen tulisi kestää purennan aiheuttamia mekaanisia voimia, yhdistelmämuovin kutistumisvoimia sekä samalla tiivistää paikan marginaaliset saumat. Sidosaaineessa olevat monomeerit reagoivat sidosaineen ja

yhdistelmämuovin rajapinnalla olevan happi-inhibitiokerroksen hiiliatomien kanssa muodostaen kaksoissidoksia [19]. Uudemmissa 1SE-sidosaineissa on myös onnistuttu lisäämään retentiota dentiinissä olevan kalsiumin ja 10-MDP (10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate) monomeerien fosfaattiryhmien välisellä ionisidoksella [13,19]. 10-MDP on yleisin uusissa SE-sidosaineissa käytetty metakryylimonomeeri, koska se muodostaa säännöllisen rakenteensa takia voimakkaampia kemiallisia sidoksia kuin edeltäjänsä HEMA 2-hydroxyethyl metakrylaatti ja sillä on hyvä stabiliteetti hydrofiilisessä ympäristössä [20].

Sidosaineen täytyy onnistua kolmessa eri tehtävässä hyvän retention saavuttamiseksi: hammaskudoksen demineralisaatiossa, resiinin infiltraatiossa ja monomeerien polymerisaatiossa. Markkinoilla olevat sidosaineet sisältävät eri pitoisuuksia tiettyjä yleisesti käytettyjä ainesosia, jotka mahdollistavat sidostamiseen tarvittavat kemialliset ominaisuudet. Tyypillisesti sidosaineet koostuvat eri määriltään: happamista akryyli resiini monomeereista, orgaanisista liuottimista, initiaattoreista/inhibiittoreista sekä joskus filleri-partikkeleista [19].

Sidosaineet voidaan jaotella useilla eri tavoilla, mutta tässä katsauksessa käytetään jaottelua: Etsaa ja huuhtelee- (Etch and rinse/ER) sekä itse-etsaavat (self-etch/SE) sidosaineet. Etsaa ja huuhtelee sidosaineet jaetaan eri sidostamistekniikan mukaan kolmivaiheisiin ja kaksivaiheisiin ER-sidosaineisiin. SE-sidosaineita on kaksivaiheisia ja yksivaiheisia 'Universal' sidosaineita. Itse-etsaavat sidosaineet säästävät työskentelyaikaa, koska ne eivät vaadi erillistä hammaskudoksen etsausta eli polyakryylihappona conditioneria tai esikäsitteilyyn tarvittavaa primeria. Lyhyempi työskentelyaika vähentää myös työskentelyvirheiden mahdollisuutta. Sidosaineen pH-arvo eli happamuus vaikuttaa aineen kykyyn etsata dentiiniä. 1SE-sidosaineiden kanssa suositellaan kiilteen erillistä etsausta, koska miedomman pH-arvon omaavat sidosaineet eivät etsaa kiillettä riittävän syvälle hyvää infiltraatiota ja retentiota varten. Kiilteen etsaaminen riittävän syvälle vaatii myös enemmän aikaa kuin dentiini. Kemiallisen ja mekaanisen sidoksen yhteistyö retention muodostamisessa on tärkeää, koska etsauksen syvyys on heikosti happamilla 1SE-sidosaineilla pienempi (n. 1-1.5  $\mu\text{m}$ ), kuin ER-sidosaineilla (2-3  $\mu\text{m}$ ).



Kolmivaiheiset ER- ja kaksivaiheiset SE-sidosaineet parantavat yhdistelmämuovipaikan ennustetta [21]. 1SE-sidosaineet ovat yleistyneet paikkaushoidossa, koska niitä on helppo käsitellä, kontaminaation riski on pienempi ja sidoslajuudet uusimmilla sidosaineilla ovat lähes yhtä suuria kuin kolmivaiheisella ER- ja kaksivaiheisella SE-sidosaineilla vuosi toimenpiteen jälkeen. Käypä Hoidon näytönastekatsauksessa tarkastetuissa systemaattisissa katsauksissa ja meta-analyyseissä miedolla 1SE-sidosaineella sidostettu yhdistelmämuovipaikka selviytyi paremmin verrattuna happamalla sidostettuun [22]. On myös väitetty valmistajien toimesta, että uudet 1SE-sidosaineet sietävät kosteutta paremmin kuin muut sidosaineet.

### **2.1.1 Yksivaiheiset itse-etsaavat sidosaineet**

1SE-sidosaineet ovat tulleet viimeisimpinä kuudennen, seitsemännen ja kahdeksannen polven sidosaine markkinoille. 1SE-sidosaineet ovat kehittyneet käyttäjäystävällisemmiksi markkinoille tulon jälkeen. 1SE-sidosaineet vaativat vähemmän työvaiheita, koska erillistä kaviteetin etsausta tai huuhtelua ei valmistajan ohjeen mukaan vaadita. Selektiivistä kiilteen etsausta suositellaan kuitenkin paremman saumatiiviyden sekä sidoslajuuden saavuttamiseksi [13]. Sidosaineen itse-etsautuvuus perustuu siihen, että sidosaineessa on happopitoisia monomeereja. Happamuus neutralisoituu, kun monomeerit ja resiini infiltroivat syvemmälle dentiiniin. Spontaani neutralisoituminen estää liian syvää etsausta ja sen takia vähentää toimenpiteen jälkeistä pulpan hypersensitiivisyyttä. SE-sidosaineiden on huomattu aiheuttavan vähemmän hypersensitiivisyyttä toimenpiteen jälkeen, kuin ER-sidosaineet [23]. Viitatussa tutkimuksessa on käytetty Ivoclar Vivadentin valmistamia sidosaineita. Yhdessä kahden vuoden kliinisessä seurantatutkimuksessa [24] 1SE-sidosainetta ja kolmivaiheista ER-sidosainetta (Scotchbond Multipurpose, 3M Espe, Yhdysvallat) vertailemalla postoperatiivisessa sensitiivisyydessä ei huomattu merkittävää eroa. Yleinen konsensus on kuitenkin, että 1SE-sidosaineet aiheuttavat vähemmän toimenpiteen jälkeistä oireilua.

1SE-sidosaineilla on huomattu olevan tiettyjä ongelmakohtia. On hyvä huomioida, että useat 1SE-sidosaineeseen liittyvät tutkimukset on tehty, kun tuoteryhmä on julkaistu markkinoille ja tulokset perustuvat vanhempiin ensimmäisen sukupolven

tuotemerkkeihin ja malleihin. Van Meerbeek, et al. "State of the art of self-etch adhesives" artikkeli vuodelta 2005 näyttää, että 1SE-sidosaineilla tehdyillä yhdistelmämuovitäytteillä on heikompi sidosluku kuin kolme- ja kaksivaiheisilla ER-sidosaineilla 24 tuntia paikan tekemisen jälkeen. Tutkimuksessa kuitenkin käytetään SBU:ta edeltänyttä 1SE-sidosainetta vuodelta 2005. Suun olosuhteissa tehdyssä sidostus-tutkimuksessa [25] vuodelta 2018 vertailtiin SBU:n ja eri sidosaineryhmien sidoslukuja yhden viikon ja kuuden kuukauden jälkeen. Tulokset osoittivat, että yhden viikon jälkeen sidosluku on pienempi kuin kolmivaiheisella ER-sidosaineella (Scotchbond Multi-Purpose), mutta kuitenkin lähes yhtä suuri kuin kaksivaiheisella ER (Clearfil-SE) -sidosaineella [25]. SBU:n sidoslukuuden heikkeneminen kuuden kuukauden jälkeen ei ollut tilastollisesti merkittävää. Viimeisin SBU tutkimustulos vaikuttaa tämän katsauksen kannalta luotettavimmalta, mutta yleisesti uusimpien 1SE-sidosaineiden välittömästä sidoslukuudesta on vielä epäselvyyttä.

## **2.2 Scotchbond Universal 3M ESPE**

SBU on 3M:n kehittämä ja valmistama 1SE-sidosaine, jossa hyödynnetään 3M:n omistaman ESPEN tekemää kehitystyötä. SBU on julkaistu vuonna 2011, pääasiassa valokovetteisen yhdistelmämuovin ja dentiinin väliseksi sidosaineeksi sekä infiltraatiksi hypersensitiivisyyden hoitoon. Valmistajan tuoteselosteen mukaan se sopii kaikkien kaviteettiluokkien hoidossa, joissa käytetään valokovetteisia yhdistelmämuoveja tai kompomeereja. Sidosainetta on saatavilla pullossa tai L-Pop kertakäyttöpakkauksessa. Sidosaineiden toimittajan arvion mukaan SBU-sidosainetta myydään Suomessa huomattavasti enemmän pullossa. Pullotetun sidosaineen käytössä on tärkeää huomioida, että sidosaineen koostumus voi muuttua, jos samaa pulloa käytetään avonaisena pitkään [26]. Tutkimukset näyttävät, että sidosaineiden sidosluku dentiiniin heikkenee mitä enemmän liuotinta siitä on haihtunut ennen käyttöä. Vuonna 2014 tehdyssä tutkimuksessa [27] ei kuitenkaan voitu osoittaa, että sidosaineiden koostumus muuttuisi, vaikka korkin jättäisi auki kahdeksan tunnin ajaksi. Valmistajan teknisen tuoteselosteen mukaan SBU sisältää seuraavia ainesosia:

### Taulukko 1. SBU ainesosat ja pH-arvo.

Scotchbond Universal (SBU) Ainesosat	
MDP Fosfaatti Monomeeri	<b>pH-arvo= 2,7</b>
Dimetaakrylaatti resiinejä	
HEMA	
Vitrebond Copolymer	
Fillereitä	
Etanolia	
Vettä	
Initiaattoreita	
Silaani	

SBU kuuluu miedosti happamien 1SE-sidosaineiden ryhmään. Valmistajan antama pH-arvo on 2,7. SBU:ssa liuottimena ja hydrofiilisten monomeerien kuljettajana toimivat etanoli ja vesi. Ne muodostavat keskenään molekyylien välisiä vetysidoksia, jotka vaikeuttavat liuottimien täydellistä haihtumista. On arvioitu, että 15 tai 30 sekunnin haihduttaminen on tärkeämpää etanolia sisältävien sidosaineiden kohdalla verrattuna asetonia sisältäviin.

Tutkimukset SBU:sta osoittavat, että kaviteetin klooriheksidiini käsittely ei vaikuta välittömään tai kuuden kuukauden kohdalla mitattuun sidoslujuuteen [28]. Klooriheksidiinin käytön on todettu ylläpitävän paikan sidoslujuutta paremmin vasta vähintään kuuden kuukauden kuluttua paikkauksesta. SBU:n eri etsaustapoja on myös vertailtu. Kaviteetin erillinen etsaus ja huuhtelu ei vaikuta SBU:n sidoslujuuteen. Yhdessä laboratoriokokeessa [29] todetaan, että dentiinin kolmen sekunnin erillinen etsaus lisää SBU:n sidoslujuutta. Enempää kuin kolmea sekuntia ei suositella missään nimessä etsaamaan. Yleisien hoitosuositusten ja valmistajan ohjeen mukaan ei suositella dentiinin erillistä etsausta ollenkaan liiallisen etsaamisen ja pulpan oireiden välttämiseksi.

SBU sisältää kopolymeerin Vitrebondia (polyalkenoidi happo), joka on 3M:n kehittänyt lasi-ionomeeri yhdiste. Vitrebondia on tilavuusprosenttina 1-5% sidosaineesta ja sitä lisätään tuoteselosteen mukaan sidosaineeseen parantamaan

sidoslujuutta erilaisissa kosteusolosuhteissa [30]. Tapauksissa, joissa valokovetus ei ole mahdollista sidosaineeseen tulisi sekoittaa Dual Cure Aktivaattoria (DCA).

## 2.3 Sidostaminen Scotchbond Universalilla

Valmistajan käyttöohjeen mukaan optimaalinen sidoslujuus kiilteeseen saavutetaan, jos tehdään kiilteen erillinen etsaus 35% fosforihapolla. Alla on pakkauksessa tulevat kuvalliset käyttöohjeet [30]:



- 1.) Levitä sidosaine kertakäyttöannostelijalla koko hammaspinnalle ja hiero sitä 20 sekuntia. Vältä sidosaineen joutumista suun limakalvolle.
- 2.) Kostuta kertakäyttöannostelija toimenpiteen aikana uudelleen. Koko kiinnityspinnan tulee muuttua kiiltäväksi.
- 3.) Kuivaa nestettä kevyellä ilmavirralla noin 5 sekunnin ajan, kunnes aine ei enää liiku ja liuotin on haihtunut kokonaan.
- 4.) Koveta sidosainetta valokovettajalla useasta suunnasta yhteensä 10 sekunnin ajan.

**Kuva 1.** SBU käyttöohje ja sidostamisen vaiheet. Lähde: 3M ESPE

Käyttöohjeessa on suositeltu varomaan applikoinnin aikana veren, syljen tai ientaskunesteen aiheuttamaa kontaminaatiota. Paikkaustoimenpiteiden aikana suositellaan käyttämään Kofferdamia, sekä muita kosteudenhallinnan välineitä. Valmistajan ohjeessa suositellaan kiinnittämään väliaikaiset rakenteet eugenolia sisältämättömillä aineilla.

## 2.4 3M Filtek Supreme XTE

Filtek Supreme XTE on valoaktiivinen yhdistelmämuovivalmiste, jota voi käyttää anteriorisiin sekä posteriorisiin paikkoihin. XTE on kehitetty versio sitä edeltäneestä Filtek Supreme XT yhdistelmämuovista. Filtek Supreme XTE yhdistelmämuovia on saatavana neljänä eri sävynä (dentin, enamel, body ja translucent). Filtek Supreme sisältää neljää eri resiniinimonomeeria: bis-GMA, UDMA, TEGDMA ja bis-EMA(6). Se

sisältää noin 20 nanometrin kokoisia zirkonia ja silica nanofillereitä sekä 0,6-10 mikrometrin kokoisia nanofilleriklustereita. Inorgaanisia fillereitä on 72,5 massaprosenttia [31].

## 2.5 Ultradent Viscostat Clear

Viscostat Clear on Ultradent Products Inc.:n valmistama 25% alumiinikloridigeeli pienten paikkaustoimenpiteen aikaisten verenvuotojen tyrehtyttämiseen. Viscostat Clear on suunniteltu käytettäväksi erityisesti anterioristen esteettisten paikkausten yhteydessä. Viskoosi ja translusentti geeli on helppo huuhdella pois kolmiteluiskulla. Tuotteen turvallisuusselvityksessä luetellaan seuraavat ainesosat: 25% alumiinikloridi heksahydraatti, natriumboraatti, dimetikoni ja polyetyleeniglykoli. Tuotteen digitaalisessa esitteessä kerrotaan, että se ei jätä kaviteettiin paikkausta tai sidostamista haittaavaa koagulaatiota. Tuotteen käyttöohjeessa sanotaan, että geelin kontaktiajan kudokseen tulee olla hyvän hemostaasin saavuttamiseksi 1-3 minuuttia. Käyttöohjeessa on myös annettu seuraava huomautus geelin huuhtelemisesta: ”Hammas ja sitä ympäröivä kudokse on puhdistettava perusteellisesti ja kaikki hemostaattisen valmisteiden jäämät ja hyytymät pitää poistaa dentiinin ja/tai kiilteen kontaminoitumisen välttämiseksi. Jos näin ei tehdä, sidostus ja eristys saattaa jäädä vaillinaiseksi, mikä voi aiheuttaa mikrovuotoa [32].”

## 2.6 Dentsply Sirona IRM-Caps

Intermediate Restorative Material (IRM) on polymeereillä vahvistettu sinkkioksidieugenolia sisältävä väliaikainen paikkamateriaali. IRM-paikkoja voi valmistajan ohjeen mukaan käyttää kaviteetin väliaikaisena paikkana enintään vuoden ajan tai pysyvän paikan alla pohjamateriaalina. IRM-kapselissa oleva jauhe sisältää sinkkioksidia, polymethylmetakrylaattia, sinkkiasetaattia ja pigmenttiä [33]. Kapselia aktivoidessa sinkkioksidijauheen kanssa sekoittuu neste, joka sisältää eugenolia ja etikkahappoa. Valmistajan käyttöohjeessa mainitaan, että IRM-kapselit eivät sovi käytettäväksi metakrylaattipohjaisten paikkamateriaalien kanssa. Sinkkioksidi-eugenolin määrää tai pitoisuutta ei ole annettu pakkauksessa tai tuotetiedoissa.

## 2.7 Kontaminoivat tekijät

Suun haastavissa olosuhteissa suoralla menetelmällä valmistettavan yhdistelmämuovipaikan neljä yleisintä kontaminoitumislähdettä tai työskentelyvirhettä ovat kosteus, alumiinikloridi, sinkkioksidi-eugenoli ja liuottimen haihduttamisen puute.

### 2.7.1 Kosteus

Kaviteetti ei saa hoitosuosituksen tai kirjallisuuslähteiden mukaan olla sidostamisen aikana liian kostea tai altistua vedelle, syljelle tai verelle. On suositeltavaa käyttää Kofferdam-kumia paikkaushoidoissa aina kuin mahdollista, mutta sitä ei kuitenkaan käytetä rutiinisti paikkaushoidoissa Suomessa. Kaviteetin kostuminen syljellä mahdollistaa siinä olevien bakteerien pääsyn dentiinitubuluksiin ja näin altistaa jälki-infektioille. Kestävän hybridikerroksen muodostuminen vaatii 'luonnollisen kostean' kaviteetin käyttöohjeiden mukaan. Liiallinen kosteus kuten sylkikontaminaatio laimentaa sidosainetta ja estää hydrofobisten monomeerien täydellisen polymerisaation. Syljessä oleva vesi sekä glykoproteiinit heikentävät mahdollisesti sidosaineen ja dentiinin välistä sidosta, riippuen siitä tapahtuuko kontaminaatio ennen valokovettamista tai sen jälkeen. Laboratoriotutkimuksessa 1SE-sidosaineen (All-Bond Universal, Bisco Dental Products, Yhdysvallat) sylkikontaminaation jälkeisessä välittömässä sidoslujudessa ei huomattu eroa verrattuna ei-kontaminoituneeseen kontrolliryhmään [34]. Tutkimuksessa todistetaan myös, että sylkikontaminaation jälkeinen dentiinin puhdistaminen ilman sidosaineen uudelleenapplikointia heikensi sidoslujutta kaikissa sidosaineryhmissä [34]. Koeryhmässä oli kuitenkin testauksen jälkeisessä murtumatyyppien analyysissä enemmän adhesiivisiä murtumia kuin kontrolliryhmässä.

Dentiinin kosteuden vaikutusta yhdistelmämuovipaikan sidoslujuteen on tutkittu paljon eri sidosaineilla. Yksivaiheisilla Universal-sidosaineilla ei ole kuitenkaan vielä paljon olemassaolevaa tutkimustietoa. Kolmea Universal-sidosainetta vertailtiin tutkimuksessa ja sen perusteella dentiinin kosteudella on merkittävä vaikutus Universal-sidosaineen sidoslujuteen [35]. Dentiinin kosteus on yksilöllinen variantti, jota ei pysty vakioimaan. Hampaiden dentiinin kosteus muuttuu kuitenkin hampaan poiston jälkeen.

Sylkikontaminaatio aiheuttaa noin 70% laskun sidoslujudessa fillereitä sisältävässä 3M Z250 -yhdistelmämuovissa kahden sidostetun inkrementin välillä, jos kontaminoivaa tekijää ei huuhdella asianmukaisesti pois ja kuivata [36]. Tutkimuksen tuloksen mukaan fillereitä sisältävien yhdistelmämuovien kontaminaatio ei vaikuta sidoslujuteen, jos kontaminoiva aine (sylki tai vesi) huuhdellaan pois, kuivataan ja levitetään uusi sidosainekerros dentiinin pinnalle ennen uuden yhdistelmämuovikerroksen lisäämistä. Tutkimuksessa todetaan myös, että kontaminoituneen yhdistelmämuovin etsaaminen parantaa edelleen sidoslujutta, mutta on huomioitava, että tutkimuskohde oli yhdistelmämuovien korjaamista eikä karieksen korjaavaa hoitoa.

Apollonia Symposium 2019 konferenssissa puhujana ollut Bologna Yliopiston professori DDS Phd. FADM Lorenzo Breschi suositteli esityksessään kontaminoituneen kovettamattoman sidosaineen pyyhkimistä pois etanolissa kostutetulla vanupallolla ja sen jälkeen aloittamaan sidostaminen alusta. Jos kontaminoituneen sidosaineen valokovettaa se tulee nykytiedon mukaan poistaa mekaanisesti poraamalla tai hiomalla, jotta saadaan puhdas dentiinipinta. Samalla menetetään myös tervettä hammaskudosta.

### **2.7.2 Alumiinikloridi, $AlCl_3$**

Alumiinikloridia käytetään hammaslääketieteellisten toimenpiteiden aikana paikallisena hemostaattina tyrehdyttämään ienverenvuotoa. Veren on todistettu heikentävän sidosaineiden sidoslujutta  $\mu$ SBS-kokeessa [37]. Veressä olevat komponentit, kuten fibrinogeeni ja verihiutaleet muodostavat dentiinin pinnalle kerroksen, joka estää sidosaineen infiltroitumisen [37]. Alumiinikloridin verenvuotoa tyrehdyttävä vaikutus perustuu sen kemialliseen kykyyn sitoutua ja koaguloida veressä olevia proteiineja sekä paikallisten kapillaarien supistumiseen. Erityisesti hampaan kervikaali- tai juuren alueella tehtävissä paikkaus- tai proteettisissa toimenpiteissä on usein limakalvon mikrovaurioiden takia haasteena veren- ja ientaskunesteiden vuotaminen. Kaviteetin verikontaminaatio ei ole toivottavaa paikkaustoimenpiteen aikana, koska se heikentää sidoslujutta sekä paikan esteettisyyttä. Kliinisesti on ajateltu, että hemostaatit heikentävät myös yhdistelmämuovipaikkojen saumatiiviyyttä, mutta sille ei löydy perusteita tutkimuksista. Laboratorio-olosuhteissa ei huomattu kontaminaatiolla olevan

vaikutusta paikkojen lopulliseen saumatiiviyteen, kun veri ja hemostaatti huuhdeltiin hyvin pois ennen sidostamista [38]. Paikalliset hemostaatit ovat yleisesti happamia (Viscostat Clear pH= <1)[39] Yoo, H.M. et al. tekemän tutkimuksen [40] mukaan kovetetun 1SE-sidosaineen verikontaminaatio heikentää merkittävästi yhdistelmämuovipaikan sidoslujutta 24-tuntia toimenpiteen jälkeen. Sen sijaan kun preparoitua dentiiniä kontaminoitiin Viscostat:lla ennen sidostamista Optibond Solo Plus -sidosaineella (Kerr Dental, Yhdysvallat), ei huomattu mitään vaikutusta sidoslujuteen 48-tuntia paikkauksen jälkeen [41]. Tämän takia veren pitäminen pois kaviteetista toimenpiteen aikana on tärkeää ja verenvuodon tyrehtyttämisen nopeuttamiseksi on hyvä käyttää paikallista hemostaattia.

Mikrotensiili sidoslajuustutkimuksissa ei ole havaittu Viscostat Clear:in (alumiinikloridin) tai Viscostat:in (rautasulfaatin) vaikutusta Fuji II LC lasi-ionomeerin tai kaksivaiheisella Clearfil SE sidosaineella sidostetun yhdistelmämuovin sidoslujuteen 24-tuntia toimenpiteen jälkeen [42]. Edellistä löydöstä tukee myös tutkimus, jossa todetaan, että alumiinikloridi vaikuttaa merkittävästi ER-sidosaineeseen, mutta ei niinkään 1SE-sidosaineen sidoslujuteen [43]. Kirjallisuuskatsauksen perusteella kaviteetin tai paikkausmateriaalin verikontaminaatio vaikuttaa heikentävästi sidoslujuteen. Preparoidun dentiinin tai kovetetun sidosaineen kontaminaatio alumiinikloridilla ei ilmeisesti vaikuta sidosaineiden suorituskykyyn tai lopulliseen saumatiiviyteen.

### **2.7.3 Sinkkioksidi-eugenoli, ZnO**

Dentiiniin imeytyvä sinkkioksidi-eugenoli heikentää metakrylaatti-monomeerejä sisältävien yksivaiheisten itse-etsaavien sidosaineiden sidoslujutta [44]. Jo vuonna 1984 on todistettu, että sinkkioksidi-eugenoli voi infiltroitua dentiinitubuluksiin sekä peritubulaariseen dentiiniin [45]. Sinkkioksidi-eugenoli on vapaa radikaali, joka estää resiniinimonomeerien polymerisoitumista sitoutumalla niihin. On tutkittu, että sinkkioksidi-eugenolin pitoisuus on suurimmillaan väliaikaisen IRM-paikan alla olevassa dentiinissä ja se pienenee hampaan ydintä kohti.

Useat tutkimukset [46,47,48] osoittavat, että kaviteetin väliaikainen sinkkioksidi-eugenoli paikka voi vaikuttaa pysyvän yhdistelmämuovipaikan sidoslujuteen, kun käytetään erilaisia sidostamistekniikoita. Vastaavasti on myös tutkimustuloksia [49, 50],



jotka eivät ole havainneet merkittävää yhteyttä. On hyvä huomioida, että tutkimukset, jotka eivät ole osoittaneet mitään vaikutusta ovat tutkineet sidoslujutta käyttämällä vanhempia sidosaineita ja kaksivaiheisia etsaa ja huuhtelee sidosaineita, eikä yksivaiheisia Universal-sidosaineita. Aiempien tutkimusten perusteella on siis heikkoa näyttöä, siitä että väliaikainen IRM-paikka heikentää dentiiniin imeytyvän sinkkioksidi-eugenolin takia paikan sidostumista ja sitä kautta se voi vaikuttaa paikan pitkäikäisyyteen.

#### **2.7.4 Liuottimen haihdutus**

Yksi tärkeä osa yhdistelmämuovin onnistunutta mikrosidostumista dentiinin kollageenisäikeisiin on aseton- tai etanoli- liuottimen kuljettamien hydrofobisten resiini monomeerien infiltraatio syvälle etsattuun dentiiniin. Vesi toimii useissa sidosaineissa myös liuottimena, koska se pääsee voimakkaiden vetysidosten ansiosta infiltroitumaan dentiinitubuluksiin. Asetoni- ja etanoli- liuottimilla on kuitenkin parempi penetraatio pienemmän molekyylikoon ja heikompien intermolekylaaristen voimien takia. Tiiviin ja homogeenisen hybridikerroksen muodostamiseksi resiini monomeerejä kuljettavat liuotinmolekyylit ja vesi pitää sidosaineen käyttöohjeiden mukaan haihduttaa puhaltamalla ilmaa kolmitemperatuurilla ennen valokovettamista. Ilmavirta parantaa sidosaineen infiltroitumista dentiiniin ja se tekee homogeenisen ja tasaisen sidosainekerroksen kaviteetin seinämille, mikä on optimaalisempi yhdistelmämuovipaikan saumatiiviuden kannalta. On todennäköistä, että monomeerit myös kohtaavat paremmin substraatin, kun ne jakautuvat tasaisemmin. Resiini monomeerien infiltraatio dentiinin kollageenisäieverkkoon lisää sidostumisen pinta-alaa ja retentiota.

Paikkaushoidon hoitosuosituksen mukaan liuotinta pitää haihduttaa puhaltamalla kaviteettiin ilmaa kolmitemperatuurilla, kunnes sidosaineessa ei näy nestepinnan liikettä. Liuottimen haihduttaminen on merkittävä työvaihe riittävän suuren sidoslajuuden saavuttamiseksi, kun sidostetaan yhdistelmämuovia kostealle dentiinipinnalle (wet bonding tekniikalla) käyttäen Universal-sidosainetta, erityisesti yhden vuoden kuluttua toimenpiteestä [51]. Hydrofobinen liuotin karkottaa veden paljastuneiden kollageenisäikeiden joukosta ja tutkimusten mukaan sidosaineeseen jäänyt

haihduttamaton liuotin haittaa vetysidosten takia monomeerien polymerisaatiota ja näin heikentää hybridikerroksen rakennetta. Haihduttamisen tehokkuuteen vaikuttaa: sidosaineen viskositeetti, sidosaineen ikä, kaviteetin muoto, puhalluksen kesto, puhalletun ilman paine ja lämpötila [51]. Liuottimen haihduttaminen on tärkeydestään huolimatta vaihe, joka saattaa/voi unohtua helposti rutinoitumattomalta hammaslääkäriltä tai huolimattomuuden takia.

Liuottimen haihduttamisen vaikutusta on tutkittu aikaisemmin mm. Etelä-Amerikassa. Pidempi passiivinen haihdutusaika ennen etanolipohjaisen sidosaineen valokovetusta mahdollisesti parantaa paikan lopullista sidoslujuuutta ER-sidosaineilla [52]. Tutkimuksen toteutus ei ole verrattavissa omaan tutkimukseen, koska sidoslujuuutta tutkitaan eri menetelmällä, haihduttaminen suoritetaan eri menetelmällä ja tutkimuksessa on eri vertailuryhmät kyseessä. Sidosaineita ei haihduteta tutkimuksessa ilmavirralla, mikä on tietyissä maissa hoitosuositusten mukaista. Aiheeseen liittyen on myös tutkittu, miten sidosaineen kuivaaminen ja kuivausilman lämpötila vaikuttavat sidosaineen infiltraatioon dentiiniin. Valmistajat eivät ota käyttöohjeissa kantaa haihdutukseen tarvittavan ilman lämpötilaan, kosteuteen, etäisyyteen tai paineeseen. Saikaew ym [51] mukaan 5, 15 tai 30 sekunnin liuottimen haihdutus ei vaikuta merkittävästi SBU:n sidoslujuuteen 24 tuntia toimenpiteen jälkeen. Toisaalta vuoden säilytyksen jälkeen 5 sekunnin ja 15 sekunnin kuivaamisen ero ja vaikutus sidoslujuuteen on merkittävä. Pidennetty liuottimen haihdutus parantaa tiettyjen sidosaineiden sidoslujuuutta, mutta selittävää korrelaatiota haihtuneen liuottimen määrän ja sidoslajuuden välillä ei kuitenkaan pystytä määrittämään [53].

Yhteenvetona voidaan todeta, että sidosaineen riittävän pitkä haihduttaminen vaikuttaa yhdistelmämuovipaikan ja sidosaineen välisen sidoksen pitkäaikaiskestävyyteen positiivisesti. Haihduttamiseen käytettävän ilmavirran lämpötila, ajallinen kesto ja voimakkuus vaikuttavat kaikki haihtumisen määrään. Tulosta sovellettiin laboratorio-osuuden menetelmän suunnittelussa.

### 3 Tavoite ja hypoteesi

Tutkimukseni tavoitteena on määrittää kirjallisuuskatsauksen ja laboratoriokokeiden avulla, vaikuttavatko kontaminoivat tekijät 1SE-sidosaineen (Scotchbond Universal, 3M

Espe, Yhdysvallat) ja yhdistelmämuovin (Filtek Supreme XTE, 3M Espe, Yhdysvallat) väliseen SBS-sidoslujuuteen. Kokeen hypoteesi on: tutkittavat kontaminoivat tekijät heikentävät merkittävästi 1SE-sidosaineen (SBU) sidoslujutta 36 tuntia ja kuusi kuukautta toimenpiteen jälkeen positiiviseen kontrolliryhmään (PK) verrattuna.

#### 4 Tutkimusmateriaalit ja -menetelmät

Sidosaineella aikaansaatua dentiinin ja yhdistelmämuovin välisen sidoksen lujuutta voidaan mitata kvantitatiivisesti 'ex vivo' -tutkimusmenetelmällä. Tutkimuksessa fokusoidutaan sidosaineen kykyyn sidostaa yhdistelmämuovia dentiiniin, eikä yhdistelmämuovin sidostumista kiilteeseen huomioida. Laboratoriotutkimuksessa vertaillaan kolmea eri koeryhmää positiivisiin ja negatiivisiin kontrolliryhmiin. Tutkimuksen neljässä ryhmässä (negat. kontrollissa ei sidosteta) sidostetaan 1SE SBU-sidosaineella, Eränumero: 80706C, 3M Espe, Yhdysvallat) sylinterinmuotoinen yhdistelmämuovipilari (Filtek Supreme XTE, 3M Espe, Yhdysvallat) hampaan dentiinipinnalle. Mitoiltaan ja muodoiltaan lähes yhdenmukaiset yhdistelmämuovipilarit tehdään hammashoidon tuotteita valmistaman yrityksen (Ultradent Products Inc, Yhdysvallat) valmistaman yksilöllisen muotin avulla (Kuva 2.). Kaikissa näytteissä käytetään standardoidusti 2% klooriheksidiiniliuosta (CHX Endo, Magnum Dental, Viro) ennen sidostamista. Sidostaminen tehdään seuraavien ryhmien mukaan:

**Taulukko 2.** Laboratorio-osuuden ryhmät ja kuvaukset.

Ryhmä	Kuvaus
Positiivinen kontrolliryhmä (PK)	Sidostaminen valmistajan muokattujen käyttöohjeiden mukaan.
Negatiivinen kontrolliryhmä (NK)	Yhdistelmämuovipilarin kiinnittäminen dentiiniin ilman sidosainetta.
Koeryhmä I (S)	Sidoksen sylkikontaminaatio.
Koeryhmä II (V)	Sidoksen kontaminaatio alumiinikloridilla.
Koeryhmä III (ZOE)	Sidoksen kontaminaatio sinkkioksidi-eugenolilla.



**Kuva 2.** Yhdistelmämuovin punssaus yksilöllisessä muotissa

Kaikki muut tekijät kuten ympäröivät olosuhteet, materiaalit, instrumentit, hampaan esikäsitteily ja sidostamisen tekniikka vakioidaan mahdollisimman tarkasti. Valmistajan antamia sidostamisen käyttöohjeita muutetaan harkinnanvaraisesti tutkimusmenetelmässä. Liuottimen haihduttamisaikaa ja sidosaineen valokovettamisaikaa pidennetään valmistajan suositukseen verrattuna, sidosaineen teknisten tekijöiden, kuten vaillinaisen kovettamisen tai haihduttamisen vaikutusten poissulkemiseksi tutkimustuloksista. SidoslujuuDET mitataan noin 36 tuntia ja 6 kuukautta paikkaustoimenpiteen jälkeen. Kaikki näytteet valmistetaan laboratorioolosuhteissa ja oletetusti normaalissa lämpötilassa ja ilmanpaineessa NTP ( $20\pm 1^{\circ}\text{C}$  ja 1 atm). SidoslujuuTTA ei mitata välittömästi sidostamisen jälkeen, koska yhdistelmämuovi ja sidosaine eivät ole täysin polymerisoituneet ja lujittuneet.

Tutkimuksen menetelmä pyrkii jäljittelemään klinisen paikkaushoidon mukaista työjärjestystä ja koeryhmät I-III on suunniteltu niin, että kontaminaatio jäljittelee kliinistä tilannetta mahdollisimman tarkasti. Alumiinikloridin ja sinkkioksidi-eugenolin vaikutusta mittaavissa kokeissa dentiini altistetaan lyhytaikaisesti yhdisteille ennen sidosaineen levittämistä, koska kliinisessä työssä aineet kontaminoivat dentiinin todennäköisimmin ennen sidosaineen viemistä kaviteettiin. Sen sijaan syljen vaikutusta mittaavissa kokeissa kaviteetti kontaminoidaan syljellä vasta sidosaineen kovettamisen

jälkeen, koska kontaminoituneen kovetetun sidosaineen poistaminen on hyvin hankalaa ja vaatii kaviteetin uudelleen preparoimista. Kovetetun sidosaineen poistamisessa kaviteetista menetetään aina tervettä hammaskudosta.

Sylinterimäisen yhdistelmämuovipaikan sidoslujutta dentiinipintaan mitataan kansainvälisesti hyväksytyllä SBS sidoslujusmittarilla (Universal Shear Bond Tester, Bisco Inc., Yhdysvallat) joka mittaa yhdistelmämuovipilariin kohdistuvaa irrottavaa työntävää voimaa. Sidoslujusmittarissa on puoliympyrän muotoinen työntöpää, joka jakaa voiman mahdollisimman tasaisesti yhdistelmämuovipilariin. Sidoslujusmittarin pään työntönopeus asetetaan miniminopeudelle eli 1.0 mm/min. Mitatut sidoslujudet kerätään tietokoneelle Microsoft Exceliin ja tilastanalyysi tehdään IBM SPSS Statistics ohjelmalla. Sidoslujusmittari mittaa sidoslujuden Newtonneissa (N), joka konvertoidaan manuaalisesti Megapascaliksi (MPa).

Sidostettujen dentiinipintojen murtumat analysoidaan operaatiomikroskoopilla 40-kertaisella suurennoksella (Leica F12/M320, Leica Microsystems, Saksa) sidoslujusmittausten jälkeen, yhdistelmämuovipilarin murtumat jaotellaan kohesiivisiksi, adhesiivisiksi tai sekamuotoisiksi. Kohesiivisen murtuman aiheuttaa hampaan kovakudoksen (dentiini) hajoaminen, kun siihen kohdistetaan voima. Adhesiivinen murtuma johtuu sidosaineen ja yhdistelmämuovipilarin välisen sidoksen hajoamisesta.

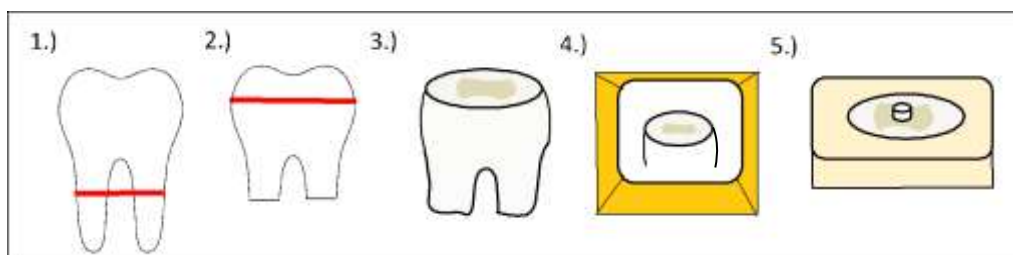
#### **4.1 Kokeessa käytetyt hampaat**

Tutkimuksessa käytetään 80 hammaslääketieteellisin indikaatioin poistettua kariesvapaata ja ehjän dentiinin omaavaa humaani molaarihammasta. Hampaiden kovakudosten kunto määritetään silmämääräisesti. Tutkimukseen on hyväksytty molaarihampaat, joissa on fissuurassa kiilteeseen ulottuvaa kiillekariesta. Suurin osa hampaista on morfologisesti viisaudenhampaiksi sopivia. Hampaat on poistettu vuoden 2018 aikana EHL Ritva Lindbladin toimesta osana hänen potilaidensa hoitoa. Hampaita säilytetään ennen näytteiden valmistusta laboratoriossa valmistetussa 0.2% natriumatsidi ( $\text{NaN}_3$ ) -liuoksessa jääkaapissa Helsingin Yliopiston tiloissa. Valmistettuja näytteitä säilytetään tutkimuksen aikana  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  lämpökaapissa 36 tuntia tai 6 kuukautta 0.2% natriumatsidissa. Näytteitä säilytetään natriumatsidissa, koska se ei

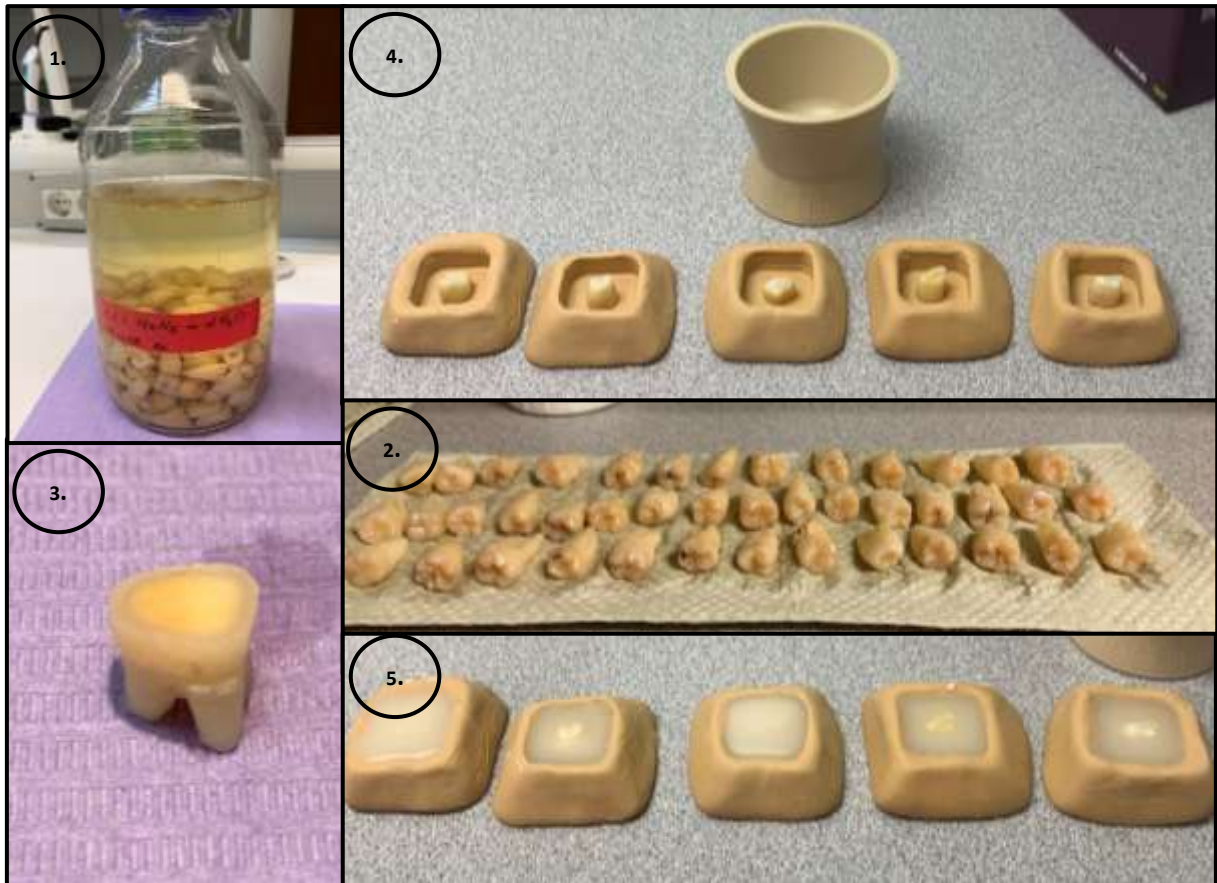
oletettavasti vaikuta kemiallisesti sidosaineeseen tai dentiiniin ja se estää toksisuutensa ansiosta mikrobien kasvun. Natriumatsidi huuhdellaan aina huolella pois näytteistä vedellä ennen käsittelyä. Säilytyslämpötila on asetettu jäljittelemään mahdollisimman tarkasti suuontelon luonnollista lämpötilaa. Välittömän ja kuuden kuukauden jälkeisen sidoslujouden arviointiin käytettävissä ryhmissä on 10 kappaletta näytteitä, poislukien negatiivisen kontrolliryhmän näytteitä joita valmistetaan ainoastaan kaksi kappaletta. Jokainen näyte valmistetaan yksittäisestä hampaasta, joten hampaat ovat muuttuva tekijä. Näytteitä säilytetään liuoksessa vähintään vuorokauden paikan sidostamisen ja valmistamisen jälkeen yhdistelmämuovin jälkipolymerisoitumisen takia. Tutkimusmenetelmistä on kerrottu tarkemmin liitteessä ”Materiaalit ja menetelmät”.

## 4.2 Näytteiden valmistus ja testaus

Hampaat valitaan visuaalisen tarkastelun perusteella natriumatsidi-säiliöstä vetokaapissa. Ne huuhdellaan huolella vedellä. Juuret ja kuspit leikataan transversaalisesti käyttäen turbiinia ja pitkää timanttifissuuraterää. Juuret leikataan noin puolivälistä. Tämän jälkeen kruunun kuspit katkaistaan ja hiotaan, kunnes saadaan puhdas ja tasainen dentiinipinta koronaalisesti (Kuva 3. vaiheet 1-3.). Leikkaamiseen voi myös käyttää tarkoitukseen valmistettua timanttisahaa. Valukaivot valmistetaan käyttämällä jäykkää A-silikoneihin kuuluvaa jäljennösainetta (Affinis Putty, Coltene, Sveitsi). Valukaivon koko määräytyy sidoslujuusmittarin pidikkeen koon ja muodon mukaan. Hammas asetetaan kaivon keskelle kruunu alaspäin ja kaivo täytetään kaatoakryylillä (Paladur, Kulzer, Saksa) vetokaapissa. (Kuva 3. vaihe 4.).



**Kuva 3.** 1.) Molaarihampaasta katkaistaan juuret puolivälistä turbiiniin kiinnitetyllä fissuuratimantilla. 2.) Kruunusta katkaistaan kuspit tasaisesti pois pitkällä fissuuratimantilla. 3.) Hampaan lopullinen muoto ennen valamista akryyliin 4.) Hammas asetetaan okklusaalipinta alaspäin keskelle valukaivoa 5.) Täytetään kaivo nestemäisellä akryylillä. Hammas kiinnittyy kovettuneeseen akryyliin ja se hiotaan tasohiomakoneella sekä käsin hiomapaperilla ennen kokeiden suorittamista



**Kuva 4.** 1.) Tutkimukseen käytetyt hampaat. 2.) Tutkimukseen käytettyjä hampaita kuvattu okklusaalisuunnasta. 3.) Preparoitu hammas. 4.) Preparoituja hampaita aseteltuna valukaivoihin ennen akryylin lisäystä. 5.) Valukaivot täytetty kemiallisesti kovettuvalla kaatoakryyllillä.

Akryyliin valamisen jälkeen akryyliblokit hiotaan tasohiomakoneella, jossa on vesijäähdytys. Vesijäähdytyksen avulla minimoidaan dentiinin kohdistuvat lämpöhaitat. Tasohiomakoneella hiomisen jälkeen näytteiden okklusaalinen pinta hiotaan käsin kahdella erilaisella hiomapaperilla. Ensin pinta hiotaan karheammalla hiontapaperilla (Grit 360/ P600, Mirka, Suomi) ja sen jälkeen hienommalla (P80, Mirka, Suomi). Viimeisenä varmistetaan operaatiomikroskoopilla, että sidostettava pinta on puhdas akryylista. Dentiini ja kiille erottuvat akryylista mattamaisempana pintana. Näytteet numeroidaan permanenttitussilla ja jaetaan sattumanvaraisesti eri ryhmiin. Näytteiden valmistaminen on aikaa vievä prosessi ja valmiita näytteitä tulee säilyttää oikein, kunnes kaikki näytteet ovat valmiina sidostamista varten.





**Kuva 5.** 1.) Tasohiomakone näytteiden hiomiseen. 2.) Näytteiden hiomista hiomapaperilla. 3.) Näytteiden tarkastelua operaatiomikroskoopilla.

#### 4.2.1 Klooriheksidiinikäsittely

Kaikissa koeryhmissä, paitsi negatiivisessa kontrolliryhmässä dentiini käsitellään 2% klooriheksidiiniliuoksella (CHX Endo 2%, Magnum Dental, Viro) ennen sidostamista. Dentiinipintaa pyyhitään klooriheksidiiniliuokseen kostutetulla superlonpeltetillä 10 pyyhkäisyyn verran. Tutkimuksen tekijä laskee edestakaiset pyyhkäisy.

#### 4.2.2 Sidostus ja kontaminointi

Kaikissa ryhmissä sidostamiseen käytetään 1SE-sidosainetta. Sidosaineiden valokovetukseen käytetään 3M ESPE Elipar S10 -valokovettajaa. Valokovettajan valon intensiteetti mitataan MARC®-intensiteettimittarilla (MARC, Bluelight Analytics Inc, Kanada) ja se on paikoillaan pidettynä 2000-2200 mW/cm<sup>2</sup>. Kaikki sidostaminen ja yhdistelmämuovipilarin valmistus tehdään laboratorioympäristössä, jossa on toimiva simulaatiotyöhön käytettävä hammaslääkärin laitteisto. Kaikki näytteet pyritään sidostamaan ja paikkaamaan yhdistelmämuovipilarilla mahdollisimman lyhyen ajanjakson sisällä. Näytteitä säilytetään omissa merkityissä natriumatsidia sisältävissä astioissaan ristikontaminaation välttämiseksi.

Näytteitä ja natriumatsidia sisältävä astia otetaan jääkaapista ja se viedään vetokaappiin. Astiasta otetaan atuloilla merkittyjä PK-ryhmän näytteitä. Näytteet huuhdellaan huolellisesti vedellä ja ne asetellaan kuivalle käsipaperille. Dentiini kuivataan kolmitehoruiskulla. Otetaan atuloilla 2% klooriheksidiiniliuoksessa kostutettu



superlonpelletti ja hangataan hampaan dentiinipintaa vasten 10 edestakaista pyyhkäisyä (kuva 6). Puhalletaan dentiinin pinta kolmitehoruiskun kanssa silmämääräisesti arvioituna luonnollisen kosteaksi. Otetaan pullosta pisara 1SE-sidosainetta superlontikulle, käynnistetään sekuntikello ja hangataan aktiivisesti 10 sekuntia dentiinin pintaan (kuva 6). Tämän jälkeen annostellaan lisää sidosainetta superlontikulle ja hangataan 10 sekuntia lisää.

Haihdutetaan sidosaineesta liuotinta puhaltamalla ilmaa kolmitehoruiskulla 5 cm etäisyydeltä näytteen yläpuolelta 5 sekunnin ajan, jonka jälkeen siirretään kolmitehoruiskua 2,5 cm etäisyydelle näytteen pinnasta ja puhalletaan 10 sekunnin ajan. Kolmitehoruiskun kärkeä liikutetaan hitaasti horisontaalisesti edestakaisin samalla korkeudella ja pienessä kulmassa. Haihduttamisen lopussa sidosaineen pinnan ei tulisi enää liikkua. Valokovetetaan sidosainetta 15 sekuntia, pitämällä valokovettajaa mahdollisimman lähellä näytteen pintaa ilman kontaktia. Välittömästi sidostamisen jälkeen näytteeseen rakennetaan yhdistelmämuovipilari, josta kerrotaan enemmän kohdassa 4.3.2.

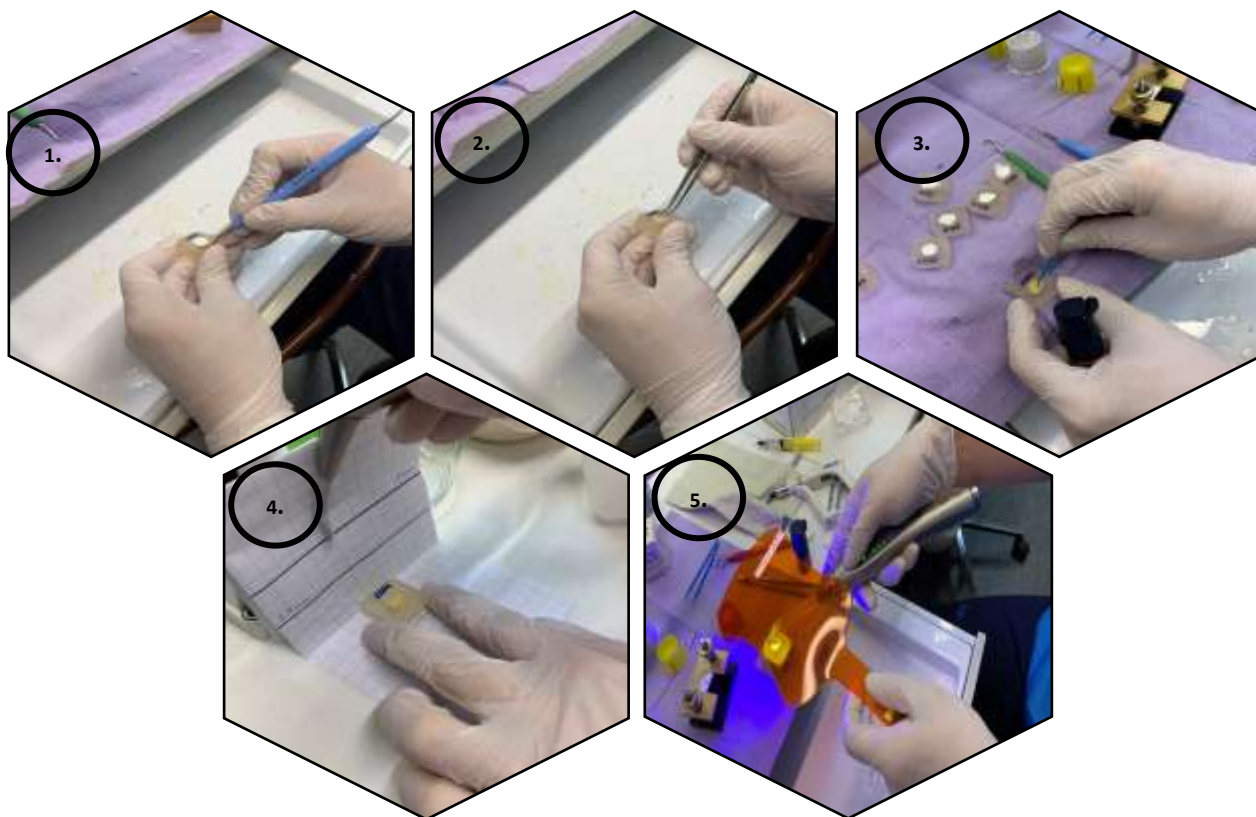
Negatiivisessa kontrolliryhmässä (NK), näytteistä huuhdellaan natriumatsidi pois vetokaapissa. Ne kuivataan kolmitehoruiskulla ja asetetaan käsipaperille. Näytteille ei tehdä muita valmistelevia toimenpiteitä ennen yhdistelmämuovipilarin valmistamista.

Koeryhmässä I toistetaan samat sidostamisen vaiheet kuin PK näytteissä. Tämän jälkeen kovetettu sidosaine kontaminoidaan kokeeseen osallistuvalta henkilöltä otetulla leposyljellä. Kovetetun sidosaineen pintaan levitetään sylkeä hankaamalla 15 sekuntia sylkeen kostutettua superlonpellettiä, jonka jälkeen näyte kuivataan kokonaan kolmitehoruiskulla ennen yhdistelmämuovipilarin tekemistä.

Koeryhmässä II kuivan dentiinin pinnalle levitetään paikallista alumiinikloridi hemostaattia (Viscostat Clear, Ultradent) superlontikulla. Hemostaattia hangataan aktiivisesti dentiinin pintaan 30 sekunnin ajan. Kontaminaation jälkeen näytteen pinta huuhdellaan vedellä ja kuivataan kolmitehoruiskulla. Tämän jälkeen toistetaan samat sidostamisen vaiheet kuin PK-ryhmälle.

Sinkkioksidi-eugenolin vaikutusta tutkivan koeryhmä III näytteiden dentiinipinnalle laitetaan sinkkioksidi-eugenoli pohjaista paikkausmateriaalia (IRM-Caps, Dentsply

Sirona, Saksa) 5 vuorokautta ennen suunniteltua sidostamista ja yhdistelmämuovipilarin rakentamista. Kaikki koeryhmän III näytteet otetaan natriumatsidiliuoksesta ja ne huuhdellaan vedellä huolellisesti vetokaapissa. Näytteet kuivataan kolmitehoruiskulla ja ne asetellaan käsipaperille. Aktivoidaan sinkkioksidi-eugenoli kapseli ja sekoitetaan sitä 10 sekuntia kapselinsekoittajassa. Otetaan sinkkioksidi-eugenoli kapselin kannesta sondilla ja jaetaan se kahteen osaan. Laitetaan paikkausmateriaalia näytteen dentiinipinnalle ja painetaan karverilla tiiviisti ohueksi kerrokseksi dentiiniä vasten. Sinkkioksidi-eugenolin tulee peittää dentiinipinta kokonaan. Annetaan paikkausmateriaalin kemiallisesti kovettua pöydällä 10 minuuttia, kunnes näytteet asetellaan vetokaapissa atuloilla takaisin natriumatsidia sisältävään astiaan ja laitetaan takaisin lämpökaappiin viideksi vuorokaudeksi.



**Kuva 6.** 1.) IRM-paikan irrottaminen karverilla. 2.) Klooriheksidiiniliuoksen levittäminen superlonpeltillä. 3.) Sidosaineen levitys superlontikulla. 4.) Sidosaineen puhaltaminen kolmitehoruiskulla 5 cm etäisyydeltä. 5.) Sidosaineen valokovettaminen.

Ennen sidostamista sinkkioksidi-eugenoli irrotetaan hampaan pinnasta karverin avulla (kuva 6). Paikka irtaoo isoina levyinä, kun karverin pää työnnetään paikan ja dentiinin

saumakohtaan. Dentiinin pintaa hangataan veteen kostutetulla vanupelletillä ja huuhdellaan kolmitehoruiskulla, kunnes siinä ei silmämääräisesti havaita enää valkoista paikkausmateriaalia. Tämän jälkeen näyte kuivataan kolmitehoruiskulla ja siihen toistetaan kaikki sidostamisen vaiheet samalla tavalla kuin PK-ryhmässä.

Voit katsoa Youtube-videoita sidosaineen levittämisestä, haihduttamisesta ja valokovettamisesta alla olevien QR-koodien avulla.



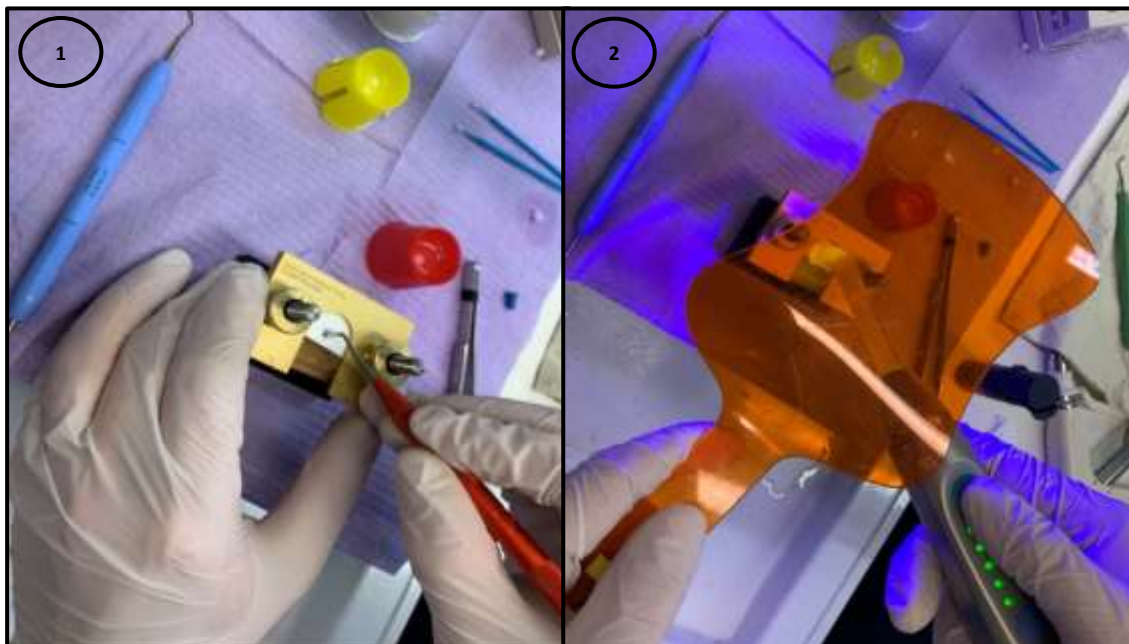
#### 4.2.3 Yhdistelmämuovipilarin valmistus

Yhdistelmämuovipilari tehdään akryyliblokkiin upotetun hampaan pinnalle Ultradent-muotin avulla. Muovinen muotti on kiinnitetty kahden kierretangon varassa olevaan tasoon. Muotin ja tason korkeutta voidaan säätää kierretangoissa olevien säätönappien avulla. Akryyliblokkien alle valmistetaan muotteihinkin käytetystä jäykästä jäljennösaineesta (Affinis Putty) koroke, jotta muotin säätövara riittää ohuille akryylikappaleille. Ryhmissä I-III ja PK-ryhmässä muotti kiristetään tiukasti korokkeen päällä olevaa, akryyliblokkiin upotetun hampaan dentiinipintaa vasten paikkaustoimenpiteen ajaksi. NK näytteissä dentiinipinta ei ole sidostettu. Yhdistelmämuovipilarin valmistamista harjoitellaan useita kymmeniä kertoja koekappaleilla paikkaustekniikan kalibroimiseksi ennen kokeen aloittamista. Yksilöllisen sylinterinmuotoinen muotti takaa yhdistelmämuovipilarin mahdollisimman yhteneväisen geometrisen muodon ja sidostuvan pinta-alan pilarin ja dentiinin välille. Yhdistelmämuovipilarin halkaisija on  $2,4 \pm 0,05$  mm ja korkeus vaihtelee  $2,5-2,8 \pm 0,05$  mm. Stabiilin muotin avulla yhdistelmämuovi saadaan punssattua käsi-instrumenteilla hampaan dentiinipintaa vasten voimakkaasti, ilman yhdistelmämuovia irrottavia voimia tai saumavuotoa.

Muotti kiristetään dentiinipintaa vasten niin, että sylinterinmuotoinen aukko tulee mahdollisimman heterogeenisen dentiinin kohdalle lähelle akryyliblokin ja hampaan

keskipistettä. Sylinterinmuotoiseen muottiin viedään yhdistelmämuovin viejällä yhdistelmämuovia noin 2 mm paksuinen kerros. Yhdistelmämuovia punssataan yhdistelmämuovin täppäimellä muotin pohjalle dentiinipintaa vasten. Paikkaa tiivistetään ja sen pinta tasoitetaan painamalla yhdistelmämuovia myös muotin reunoilta (kuva 7). Yhdistelmämuovi valokovetetaan pitämällä 3M Elipar -valokovettajaa 20 sekunnin ajan kiinni muotin yläpinnassa. Muotti täytetään ylätasoon asti noin 2 mm paksuisella yhdistelmämuovikerroksella ja sylinterinmuotoisen pilarin yläpinta tasoitetaan punssaamalla. Yhdistelmämuovin ylimäärät poistetaan käsi-instrumenteilla ennen valokovetusta. Yhdistelmämuovia valokovetetaan 20 sekunnin ajan pitämällä valokovettajaa muotin pintaa vasten (kuva 7).

Muotti irrotetaan painamalla yhdistelmämuovipilaria lieriötäppäimellä dentiinipintaa vasten samalla kun tasoa ja muottia nostetaan käsin ylöspäin. Muotista puhdistetaan kovettunut ylijäämä yhdistelmämuovi, ennen uuden pilarin valmistamista. Näyte asetetaan muotin irrottamisen jälkeen pilari ylöspäin natriumatsidia sisältävään astiaan. Näytteet jaotellaan merkittyihin astioihin koeryhmien ja seurantajaksojen mukaan. Astiat laitetaan lämpökaappiin joko 36 tunnin tai 6 kuukauden ajaksi, ennen sidoslujuuksien mittaamista.

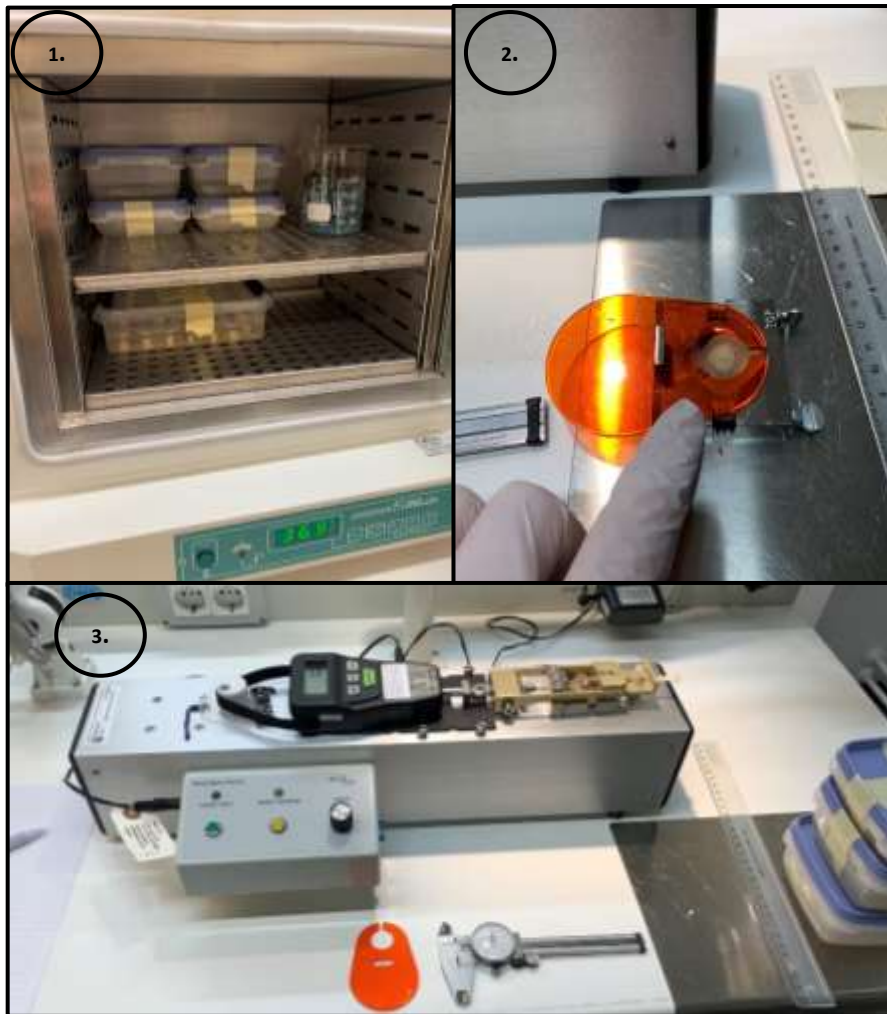


**Kuva 7.** 1.) Yhdistelmämuovin punssaus yksilölliseen muottiin lieriötäppäimellä. 2.)

Yhdistelmämuovin valokovettaminen valokovettajalla.

#### 4.2.4 Sidoslujuuksien testaus

Näytteet otetaan vetokaapissa pois natriumatsidiliuoksesta ja kuivataan kolmitehoriuskulla. Akryyliblokki asetetaan sidoslujuusmittarin pidikkeeseen tiukasti niin, että dentiinipinta tulee samaan tasoon pidikkeen yläpinnan kanssa. Kappaleen asettamisessa tulee käyttää ohjuria, jonka avulla voimamittarin työntöpää saadaan akryyliblokin ja siihen upotetun hampaan pinnan kanssa samaan tasoon (kuva 8). Pidikkeessä oleva akryyliblokki asetetaan mittauslaitteeseen ja työntöpää asetetaan varovaisesti yhdistelmämuovipilaria vasten. Voimamittarin vetolenkki tulee kiristää, niin että yhdistelmämuovipilariin ei kohdistu yhtäkkistä voimaa sen kiristyessä. Sidoslujuusmittari käynnistetään ja mittausta seurataan, kunnes yhdistelmämuovipilarin sidos pettää. Sidoslujuusmittari mittaa suurimman saavutetun työntövoiman Newtonissa. Tulokset dokumentoidaan kirjallisesti. Yhdistelmämuovipilarin korkeus ja halkaisija mitataan käyttämällä työntömittaa. Akryylikappale ja yhdistelmämuovipilari laitetaan yksittäiseen numeroituun pussiin myöhempää mikroskooppista tulkintaa varten. Voimamittari resetoidaan ja koe toistetaan seuraavalla näytteellä.



**Kuva 8.** 1.) Näytteiden säilytysrasiat lämpökaapissa. 2.) Akryylikappaleen asettelu sidoslujusmittarin pidikkeeseen ohjaimen avulla. 3.) Sidoslujuuksien testaukseen käytettävä mittauslaitteisto. QR-koodin avulla pääsee katsomaan videota yhdistelmämuovipilarin irtoamisesta.

#### 4.2.5 Tulosten ja murtumien analysointi

Sidosaineen murtumat analysoidaan näyte kerrallaan operaatiomikroskoopilla. Sidosaineen murtumat jaotellaan kolmeen ryhmään murtumatyyppin mukaan. Murtumatyypit ovat: kohesiivinen, adhesiivinen ja sekamuotoinen. Kohesiiviseksi murtumaksi tulkitaan dentiinipinta, jossa havaitaan pinnan murtumisesta johtuva epätasainen ja teräväreunainen kovakudospuutos. Adhesiivisia murtumia ovat kaikki sidostetut pinnat, joissa on tasainen ja kiiltävä dentiinipinta ilman kovakudospuutoksia. Sekamuotoisessa murtumassa havaitaan kohesiivista ja adhesiivista murtumaa. Tällöin pinta on visuaalisesti osittain epätasaista ja teräväreunaista. Pinnan tulee olla muista

kohdista ehjä, kiiltävä ja tasainen. Mikroskoopin alla tarkastellaan myös irronnutta yhdistelmämuovipilaria. Yhdistelmämuovipilarin sidostettavalla pinnalla voidaan kohesiivisissa murtumissa havaita valkoista hampaan kovakudosta. Mikroskoopilla voidaan arvioida myös sidostuneen alueen pinta-alaa.

Sidoslujuuksien tulokset sekä murtumatyypit dokumentoidaan Microsoft Exceliin ja tilastollinen analyysi suoritetaan käyttämällä IBM SPSS Statistics -ohjelmaa. Tuloksia analysoidaan käyttämällä mm. Yksisuuntaista ANOVA, Mann-Whitney, Tukey, Levenen, Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk ja Kruskal-Wallis testejä.

## 5 Tulokset

### 5.1 Sidoslujuudet 36 tunnin jälkeen

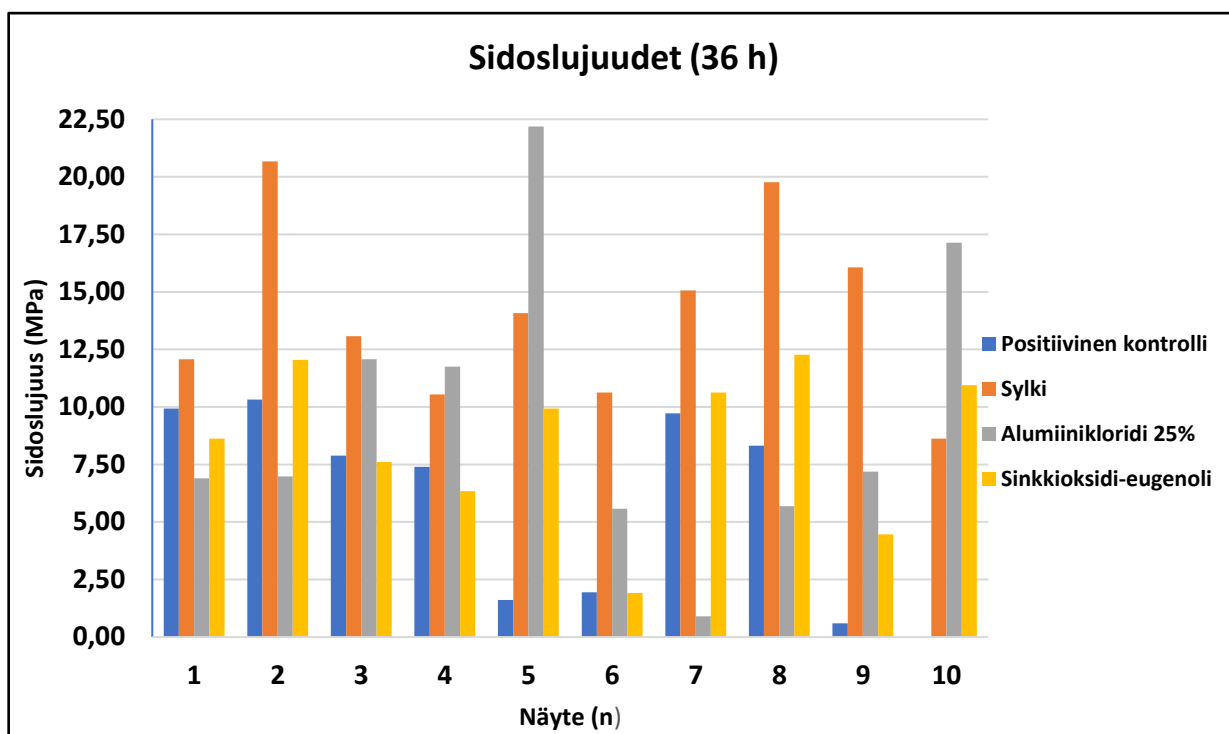
36 tunnin jälkeen mitatut välittömät sidoslujuudet (taulukko 3 ja kuvat 9 ja 10) olivat positiivisen kontrolliryhmän (PK) näytteissä keskimääräisesti pienempiä kuin koeryhmissä I-III. Negatiivisen kontrolliryhmän (NK) näytteissä kiinnittyminen dentiiniin oli olematonta, ja tämän takia yhdistelmämuovipilarit irtosivat akryyliblokkiin upotetun hampaan pinnasta ennen sidoslujuuksien mittaamista. Tämän takia NK sidoslujuuden keskiarvon oletetaan olevan 0,00 MPa välittömästi sekä kuusi kuukautta toimenpiteen jälkeen. Sidoslujuuksien keskiarvot olivat välittömästi toimenpiteen jälkeen lähes samaa suuruusluokkaa PK, alumiinikloridi ja sinkkioksidi-eugenoli ryhmissä. Tutkimuksessa SBS-menetelmällä saavutetut tulokset ovat suuruusluokaltaan hyvin samankaltaisia kuin Haralur ym tutkimuksessa [37] saadut tulokset itse-etsaavalle sidosaineelle (G-aenial Bond (1SE), GC America, Yhdysvallat). Valmistajan tuotekansiossa julkaisemat SBS-sidoslujuudet 1SE SBU-sidosaineelle dentiiniin 24-tuntia toimenpiteen jälkeen ovat suurempia (n. 30 MPa) verrattuna kokeessa saatuihin. Valmistajan julkaisemat tulokset SBS-sidoslujuuksista ovat yhtiön sisäistä dataa, eivätkä he tarjoa validoitavissa olevia riippumattomia lähteitä.

Shapiro-Wilk analyysin mukaan PK-ryhmän tulokset eivät jakaudu normaalisti ( $p=0,041$ ), kun taas epätarkemman Kolmogorov-Smirnov analyysin mukaan PK ( $p=0,065$ ) sekä alumiinikloridi ( $p=0,071$ ) ryhmien tulokset eivät jakaudu normaalisti. Kolmogorov-Smirnov analyysin normaalijakauman tulokset oletetaan merkitseviksi. Välittömien sidoslujuuksien ryhmien väliset varianssit eroavat Levenen testin mukaan ( $p>0,05$ ), joka

vahvistaa oletuksen, että kaikki ryhmät eivät jakaudu normaalisti. PK-ryhmän pienempi näytteiden määrä vaikuttaa tilastollisesti nollahypoteesin toteutumiseen. PK-ryhmässä on 36 tunnin ryhmässä 10% vähemmän näytteitä, kuin muissa vertailuryhmissä. Ryhmien sidoslujuuksissa variaatio on laaja (kuva 9). Yksisuuntaisen ANOVAn mukaan tulosten keskiarvojen välisessä varianssissa oli merkitsevä ero ( $p=0,006$ ). Koeryhmien keskiarvojen välisten erojen merkitsevyyden testaamiseen käytettiin post hoc. Tukey T-testiä, jonka perusteella ainoat tilastollisesti merkitsevät erot olivat ryhmien sylki ja sinkkioksidi-eugenolin sekä sylki ja PK ryhmien välillä. Muiden ryhmien välillä ei havaittu merkitsevää eroa.

Edellä mainittujen tilastollisesti merkitsevien ryhmien välistä merkitsevyyttä testattiin myös Mann-Whitney U-testillä, jonka tuloksena saatiin sylkiryhmän ja kontrolliryhmän välille ( $p=0,000$ ), sylkiryhmän ja alumiinikloridiryhmän välille ( $p=0,052$ ) sekä sylki ja sinkkioksidi-ryhmien välille ( $p=0,005$ ) tilastollinen merkitsevyys. Alumiinikloridiryhmän ja sylkiryhmän välillä tehtiin lisäanalyysiä, koska U-testin tulos on hyvin lähellä merkitsevyyden rajaa. Jos tilastollisessa analyysissä jätetään alumiinikloridiryhmästä yksi poikkeava arvo (22,19 MPa) pois saadaan Mann-Whitney kokeessa sylkiryhmän ja alumiinikloridiryhmän välille myös tilastollinen merkitsevyys ( $p=0,010$ ). Ääriarvojen poistaminen vahvistaa myös ryhmien välisen eron merkitsevyyttä yhdensuuntaisen ANOVAn mukaan ( $p=0,001$ ). Analyysin tulokset ovat luotettavampia, kun äärimmäiset arvot poistetaan, koska laatikkokaaviota tarkasteltaessa havaittiin alumiinikloridiryhmän tulosten poikkeavan hyvin vähän tilastollisesti merkitsevästä sinkkioksidi-eugenoli, sylki ja PK ryhmistä.





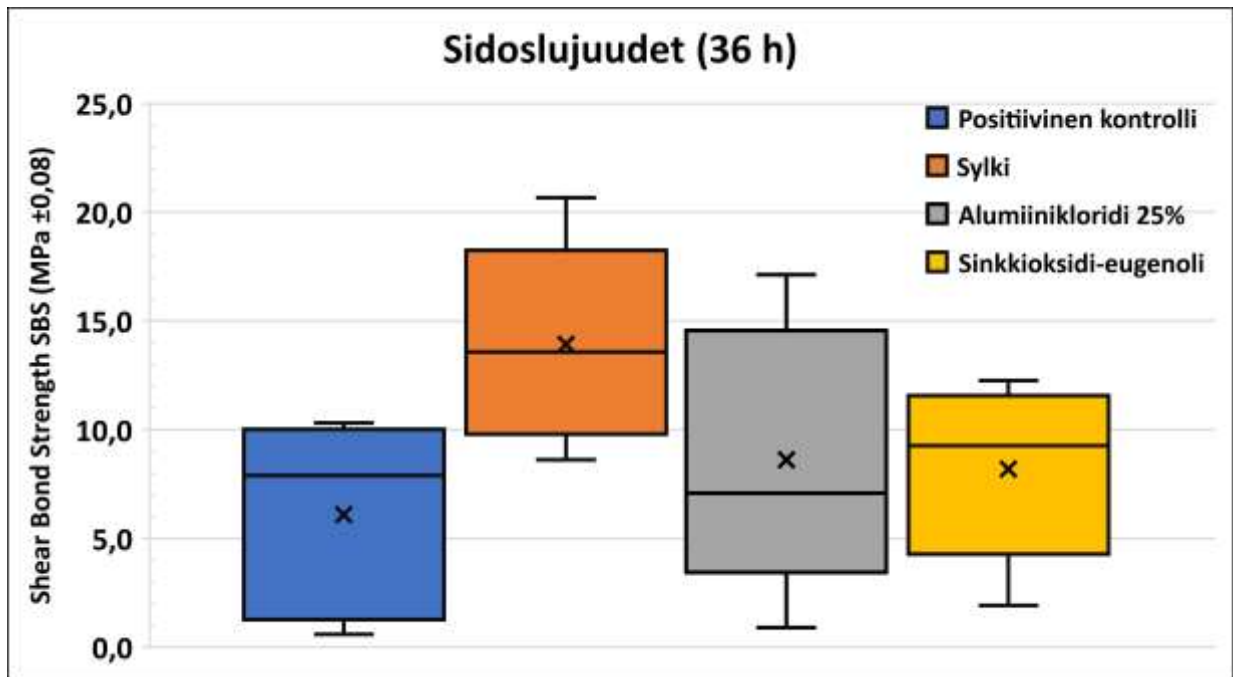
**Kuva 9.** Sidoslujuudet 36 tuntia paikkaustoimenpiteen jälkeen näyte- ja ryhmäkohtaisesti.

**Taulukko 3.** 36 tunnin ja 6 kuukauden jälkeen määritetyt sidoslujuudet, keskihajonnat sekä ryhmäkoot.

Ryhmä	Positiivinen kontrolli	Negatiivinen kontrolli	Sylki	Alumiinikloridi	Sinkkioksid-eugenoli
36 h näytteiden lkm* (n)	9	2	10	10	10
36 h ka. sidoslujuus (MPa*)	6,42	0,00	14,06	9,64	8,48
36 h keskihajonta (std.±)	3,68	-	3,94	5,94	3,23
6 kk näytteiden lkm. (n)	7	0	10	10	10
6 kk ka. sidoslujuus (MPa)	7,89	0,00	9,97	12,19	11,11
6 kk keskihajonta (std.±)	4,94	-	3,52	7,77	4,90

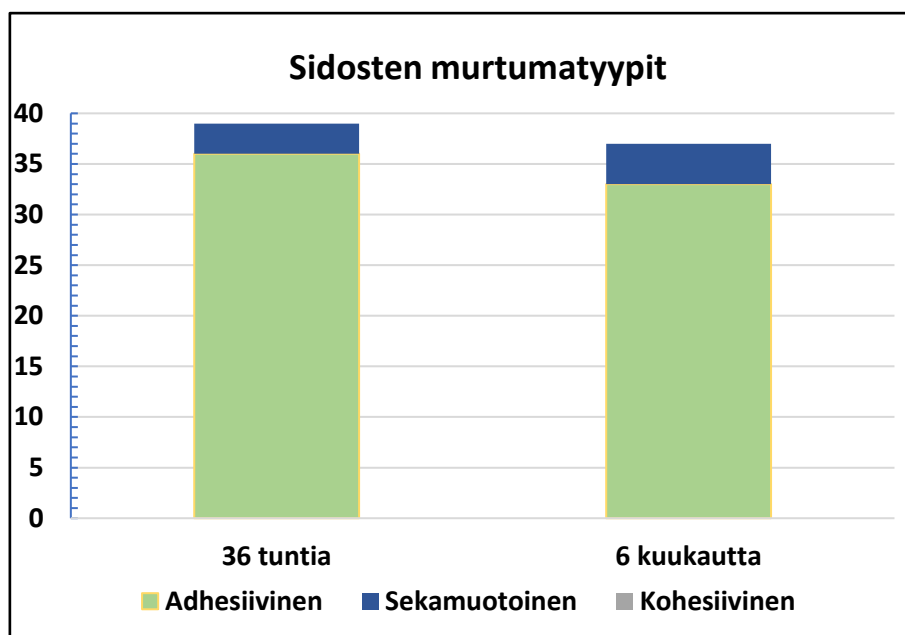
MPa\* = Megapascal

lkm.\* = lukumäärä



**Kuva 10.** 36 tunnin jälkeen mitatut SBS-sidoslujuudet (MPa) ryhmäkohtaisesti. Keskiarvot merkitty (x).

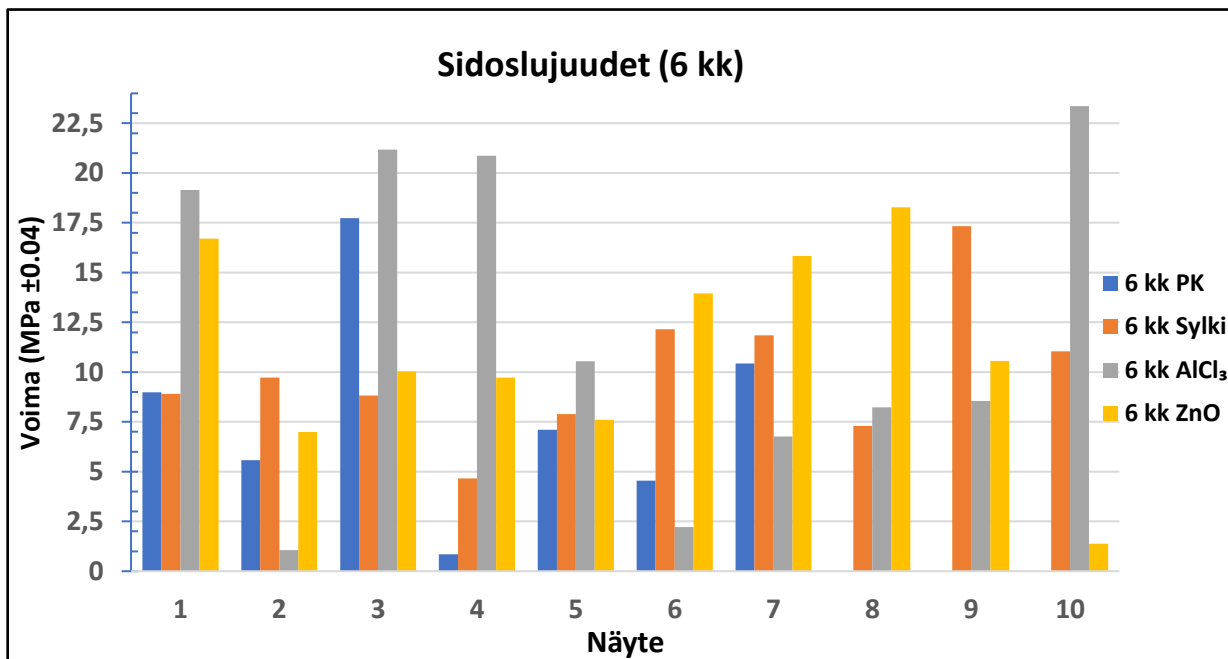
Sidoslujuuksien testauksen jälkeen tehdyssä murtumatyyppien analyysissä selvisi, että 3/39 (7,7%) tutkitussa näytteessä murtuma oli sekamuotoinen ja lopuissa 36/39 (92,3%) täysin adhesiivinen (kuva 11). Yhtään kohesiivista murtumaa ei havaittu. Sekamuotoiset murtumat jakautuivat sattumanvaraisesti eri ryhmien välille, eikä niissä havaita selkeätä kaavaa. Variaatio yhdistelmämuovipilarien halkaisijoissa oli hyvin pientä, mikä parantaa sidoslujuus arvojen luotettavuutta. Visuaalisessa tarkastelussa havaittiin vähintään viisi näytettä, joissa yhdistelmämuovipilarin ja dentiinin välinen kosketuspinta-ala oli pienempi kuin muotin pinta-ala.



**Kuva 11.** Eri murtumatyyppien lukumäärät 36 tuntia ja 6 kuukautta paikkaustoimenpiteen jälkeen analysoiduissa näytteissä.

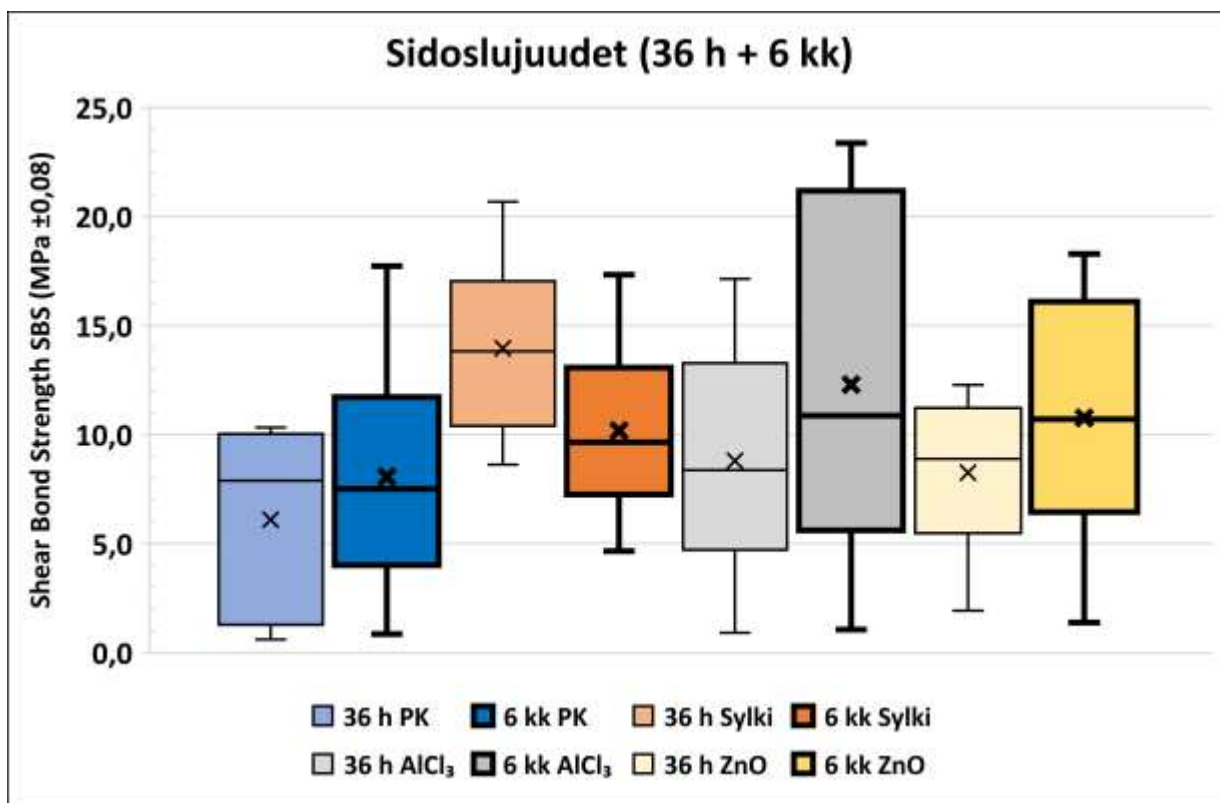
## 5.2 Sidoslujuudet 6 kuukauden jälkeen

Kuuden kuukauden jälkeen mitatuissa sidoslujuuksissa oli hyvin paljon epäjohtonmukaisuuksia verrattuna välittömiin tuloksiin (taulukko 3 ja kuvat 12 ja 13). Sidoslujuuksien keskiarvot ovat suurempia PK, alumiinikloridi, ja sinkkioksidi-eugenoli koeryhmissä verrattuna välittömään sidoslujuuteen, joten laboratorio-osuuden hypoteesi hylätään. Sidoslujuuksien keskiarvon pienenemistä havaittiin ainoastaan sylkikontaminaatio ryhmässä. Ryhmien sisällä mitatuissa sidoslujuuksissa oli jälleen hyvin paljon variaatiota (kuva 12). Näytteiden määrä on 30% pienempi 6 kuukauden PK ryhmässä verrattuna isompiin ryhmiin ja se voi vaikuttaa tuloksen homogeenisuuteen. PK pienempi näytteiden määrä johtui siitä, että näytteitä valmistettiin lisää alkuperäiseen suunnitelmaan verrattuna ja näytteiden valmistamiseen tarvittavia materiaaleja ei ollut riittävästi saatavilla. Alkuperäisessä menetelmässä PK ryhmässä olevien näytteiden määrä oli pienempi. Ensimmäisten välittömien mittausten jälkeen päädyttiin valmistamaan lisää PK näytteitä, sattuman vaikutuksen poissulkemiseksi. Sidoslujuuksien keskihajonta kasvaa PK, alumiinikloridi ja sinkkioksidi-eugenoli ryhmässä, kun verrataan välittömiä ja 6 kuukauden jälkeen tehtyjen mittausten tuloksia (taulukko 3 ja kuva 13).



**Kuva 12.** Sidoslujuudet (MPa) näyte- ja ryhmäkohtaisesti 6 kuukauden säilytyksen jälkeen.

Kolmogorov-Smirnov testin mukaan kaikki ryhmät noudattavat nollahypoteesia ja ovat normaalisti jakautuneita ( $p > 0,05$ ). Levenen testin tilastollinen merkitsevyys ( $p < 0,05$ ) vahvistaa oletuksen siitä, että kaikissa ryhmissä tulokset jakautuvat normaalijakauman mukaan. Yksisuuntaisen ANOVA -testin mukaan 6 kuukauden jälkeen mitatuissa sidoslujuuksissa ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa ryhmien välillä. Myöskään ei-parametrinen Kruskal-Wallis -testin mukaan 6 kuukauden sidoslujuuksissa ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa. Välittömän ja 6 kuukauden sidoslujuuksien ryhmien sisäiseen vertailuun käytimme t-testiä. Ainoa merkitsevä ero eri mittausajankohtien tulosten välillä havaittiin sylkiryhmässä ( $p = 0.024$ ). Vanhennuksen aiheuttama ero sylkiryhmän sidoslujuuksissa varmistettiin myös Mann-Whitney U-testillä ( $U = 21$ ,  $p = 0,029$ ). Samat analyysit toistettiin 6 kuukauden tuloksille poistamalla äärimmäisen poikkeavat arvot. 6 kuukauden tuloksista poistettiin yksi äärimmäinen poikkeava tulos positiivisen kontrolliryhmän näytteistä.



**Kuva 13.** Sidoslujuudet (MPa) koeryhmittäin 36 tuntia ja 6 kuukautta toimenpiteen jälkeen.

## 6 Pohdinta

### 6.1 Päälöydökset

Laboratoriotutkimuksella haluttiin selvittää syljen, alumiinikloridin ja sinkkioksidi-eugenolin vaikutusta 1SE SBU-sidosaineen SBS-sidoslujuuteen. Tuloksissa havaittiin, että kontaminoivilla tekijöillä ei mahdollisesti ole vaikutusta SBU-sidosaineen sidoslujuuteen 36 tuntia tai 6 kuukautta toimenpiteen jälkeen, koska sidoslujuudet olivat kaikissa koeryhmissä suuremmat kuin PK ryhmässä kumpanakin testiajankohtana. Sylkikontaminaatio koeryhmässä oli välittömästi paikkauksen jälkeen kaikista vertailuryhmistä suurimmat sidoslujuudet (ka. 13,96 MPa). Sidoslujuudet muissa kolmessa koeryhmässä (PK, alumiinikloridi ja sinkkioksidi-eugenoli) olivat keskimääräisesti keskenään samaa suuruusluokkaa eikä tilastollisesti merkittävää eroa havaittu. Ainoat tilastollisesti merkittävät erot sidoslujuuksissa välittömästi paikkaustoimenpiteen jälkeen olivat sylki- ja sinkkioksidi-eugenoli sekä sylki- ja PK ryhmien välillä. Odotettavaa sidoksen vanhenemisesta johtuvaa sidoslujuuksien heikkenemistä 6 kuukauden jälkeen mitatuissa sidoslujuuksissa ei havaittu edellä

mainituissa ryhmissä. Alumiinikloridi ryhmässä mitattiin korkeimmat sidoslajuudet kuuden kuukauden jälkeen (ka. 12,29 MPa). Kuuden kuukauden jälkeen mitatut sidoslajuudet kasvoivat odottamattomasti PK, alumiinikloridi- ja sinkkioksidi-eugenoli ryhmissä verrattuna välittömiin sidoslajuuksiin MPa: PK +1,96,  $\text{AlCl}_3$  +3,50 ja ZnO +2,52. Ainoastaan sylkikoeryhmän sidoslajuudet heikkenivät 6 kuukauden seurantajakson aikana -3,78 MPa. NK näytteistä ei pystytty määrittelemään sidoslajuuksia, koska sidoslajuus oli niin pieni, että yhdistelmämuovipilari irtosi ennen testausta. Näin ollen NK näytteiden sidoslajuuden oletettiin olevan nolla välittömästi ja kuusi kuukautta paikkaustoimenpiteen jälkeen. Todellisuudessa NK yhdistelmämuovipilareissa oli pienimuotoista mekaanista retentiota, jonka kitkavoiman kynnyksarvo ylittyi, kun muotti irrotettiin yhdistelmämuovipilarista.

## 6.2 Tulosten merkitys

Tulokset kuvaavat, miten tutkitut kontaminoivat tekijät mahdollisesti vaikuttavat välittömiin ja kuuden kuukauden jälkeisiin sidoslajuuksiin, kun käytetään kyseisiä materiaalikombinaatioita keskenään ja tällä löydöksellä on uutuusarvoa. Työn fokuksena olevia kontaminoivia tekijöitä on tutkittu aiemmin tutkimuksissa, jotka ovat olleet täysin erillisiä toisistaan ja eivät näin ole suoraan vertailukelpoisia keskenään johtuen erillisistä tutkimusasetelmista, -ajankohdista ja materiaaleista. Aiheesta ei ole myöskään saatavilla luotettavia meta-analyysejä tai kirjallisuuskatsauksia, joihin saamiamme tuloksia voisi vertailla. Tulos tukee aikaisempaa tietoa siitä, että SBU sietää hyvin kontaminaatioita, kun käytetään suositeltuja dekontaminaatio menetelmiä ja että sidosten heikkenemistä ei havaita kuuden kuukauden seurantajakson lopuksi [30, 54, 55]. Tuloksissa nähdään ryhmien sisäisesti suurta variaatiota, jonka vuoksi johtopäätösten tekeminen vaatii varovaisuutta. Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu, että käytetyn koemenetelmän heikkoutena on tulosten suuri vaihtelevuus ja pienen otoksen analysoinnissa sattuman merkitys on suuri. Erittäin suuret tai pienet poikkeavat sidoslajuusarvot vaikuttavat merkittävästi sidoslajuuksien laskennallisiin keskiarvoihin, kun näytteiden määrä ryhmissä on pieni. Tämän vuoksi tulosten validiteetti ja merkitys heikkenee.

### 6.3 Sylkikontaminaatio

Sylkikontaminaation aiheuttamaa korkeampaa välitöntä paikkauksen jälkeistä sidoslujutta muihin ryhmiin verrattuna ei pystytä aikaisemman kirjallisuuden perusteella selittämään. Yksi mahdollinen selitys kuitenkin on, että syljessä oleva vesi tekee kuivasta dentiinistä paikoittain sopivan kosteaa 1SE-sidosaineen toiminnan kannalta. Kosteus on tärkeää dentiinissä etsauksen aikana ja sen jälkeen kollageeniverkon ylläpitämiseksi, jotta resiini monomeerit pääsevät infiltroitumaan verkkomaisen rakenteen joukkoon [10]. Kollageeniverkkojen on tärkeää olla avoinna myös sen takia, että hydrofobiset liuottimet voivat karkottaa veden muodostuvan hybridikerroksen joukosta [10]. Sylki koostuu pääasiassa vedestä ja siinä oleva vesi voi pienissä määrin teoreettisesti parantaa sidosta. Ilmiö ei kuitenkaan täysin selitä, miksi jo valokovetetun sidosaineen sylkikontaminaatio tuotti suurempia sidoslujuuksia kuin vertailuryhmät. Koeasetelmassa kontaminoidaan valokovetettu sidosaine ja voidaan olettaa, että sidosaineen pinnalle muodostuva happi-inhibitiokerros ei häiriinny sylkikontaminaation takia ja kemiallinen sidos muodostuu normaalisti kontaminaatiosta huolimatta. Osaltaan myös SBU:ssa oleva lasi-ionomeeri ko-polymeeri vähentää sidosaineen herkkyyttä liialliselle kosteudelle ja se voi olla yksi vaikuttava tekijä sidoslujouden heikkenemisen estämisessä [30]. Syljen voimakas puhaltaminen kolmitemoruiskulla ennen sidosaineen levitystä, saattaa myös jossain tapauksissa haihduttaa tai kuivata syljen täysin dentiinin pinnalta, jolloin kontaminaation vaikutus on minimaalinen. Sidos saattaa jäädä kuitenkin heikommaksi kohdissa (mikroskooppisissa dentiinin painaumuksissa tai epätasaisuuksissa), joihin sylkeä on jäänyt kolmitemoruiskulla puhaltamisesta huolimatta.

### 6.4 Alumiinikloridi

Alumiinikloridi-koeryhmän tuloksissa havaittiin välittömien ja 6 kuukauden jälkeisissä mittauksissa suurempaa keskihajontaa verrattuna muihin koeryhmiin. Selittävä tekijä suuremmalle tulosten hajonnalle alumiinikloridi ryhmissä voi olla dentiinin eri kuivuuden asteet ennen sidostamista tai alumiinikloridin vaihteleva pitoisuus dentiinissä. Näytteiden dentiini kuivattiin kolmitemoruiskulla sen jälkeen, kun alumiinikloridi oli huuhdeltu pois vedellä. Dentiinin kuivuudessa/kosteudessa on

saattanut olla vaihtelevuutta ryhmän sisällä, vaikka kolmitehoriuskulla puhaltaminen pyrittiin vakioimaan. Liiallinen kuivaaminen on voinut vaikuttaa kollageeniverkon laajentumiseen ja näin monomeerien infiltroitumiseen ja vahvan hybridikerroksen ja sidoksen muodostumiseen [10]. Kollageeniverkon laajentumisella tai kutistumisella on suuri merkitys Universal-sidosaineen monomeerien infiltraation kannalta, kun dentiinin etsaus on hieman vähäisempää verrattuna ER-sidosaineisiin. Kollageeniverkon laajuuden ja dentiinin kosteuden merkitys monomeerien infiltraatiolle on pystytty osoittamaan kokeilla, joissa on parannettu hybridikerroksen hajoamisen kestävyyttä ja sidosaineen tuottamaa sidoslujuuutta käyttämällä kollageeniverkostoa laajentavia kokeellisia aineita [56]. Toinen selitys sidoslujuuksien hajonnalle on alumiinikloridin lyhyempi vaikutusaika (30 sek.) verrattuna valmistajan suositukseen (60 sek.) riittävän hemostaasin aikaansaamiseksi [32]. Teoriassa liian lyhyt vaikutusaika voi vähentää alumiinikloridin infiltroitumista dentiinikudokseen, jos hemostaattia pääsee ientaskusta tai limakalvoilta kaviteettiin. Kolmas mahdollinen selitys on, että alumiinikloridi ei pääse infiltroitumaan dentiinitubuluksiin, jos niitä tukkii jotkin epäpuhtaudet tai paksu porausjätekerros.

## 6.5 Sinkkioksidi-eugenoli

Sinkkioksidi-eugenolin on todistettu infiltroituvan hampaaseen dentiinitubuluksia pitkin. Sinkkioksidi-eugenoli muodostaa dentiinissä pitoisuusgradientin, joka pienenee hampaan ydintä kohti [45, 46]. Nykykäsityksen mukaan väliaikaiset IRM-paikkamateriaalit eivät kuitenkaan vaikuta resiniinipohjaisten sidosaineiden käyttöön ja pitkäikäisyyteen toisin kuin juurikanavanastojen ja kruunujen kiinnityksessä käytettävät sinkkioksidi-eugenolipohjaiset sementit. Tulosten perusteella voidaan olettaa, että sinkkioksidi-eugenoli paikkamateriaalista ei vapaudu monomeerien polymerisoitumiseen vaikuttavia reaktiivisia ainesosia tai ne eivät vaikuta 10-MDP monomeereihin. Väitteen tueksi ei kuitenkaan löydy luotettavaa tietoa aikaisemmasta kirjallisuudesta. On myös mahdollista, että sinkkioksidi-eugenoli ei viiden vuorokauden vaikutusajan aikana pääse infiltroitumaan dentiiniin riittävän syvälle tai ollenkaan dentiinitubuluksissa olevien epäpuhtauksien takia. Dentiinin runsaalla huuhtelulla IRM-paikan poistamisen jälkeen on myös mahdollisesti suuri merkitys sidosaineen



toimivuuden kannalta. Kaviteetti tulee olla puhdistettu hyvin näkyvästä paikkamateriaalista ja dentiini tulee huuhtoa hyvin vedellä ennen sidostamista.

## 6.6 Menetelmän rajoitukset ja kehitysehdotukset

Tutkimuksen tuloksissa havaittiin joitain poikkeavuuksia. Välittömästi tehdyissä mittauksissa PK ryhmän sidoslujuusarvot olivat yleisesti pieniä verrattuna valmistajan antamiin sidoslujuusarvoihin [30]. Muissa koeryhmissä oli myös yksittäisiä poikkeavia tuloksia, joissa sidokset olivat epäonnistuneet. Pienet arvot ovat todennäköisesti selitettävissä sattumalla, huonolla sidostamisen tekniikalla tai muulla sidokseen fysikaalisesti vaikuttavalla ilmiöllä. Alla on pohdintaa erilaisista havainnoista, jotka voivat selittää tulosten suurta hajontaa sekä poikkeavia havaintoja.

Dentiinin luonnollinen kosteus vaikuttaa merkittävästi sidoksen muodostumiseen. Dentiinin luonnollisen kosteuden jäljitteleminen on hyvin hankalaa laboratorio-olosuhteissa. Tutkimuksessa käytettyjen hampaiden dentiinin kosteus poikkeaa hyvin todennäköisesti suussa olevaan hampaaseen verrattuna, johtuen pitkäaikaisesta säilytyksestä hampaan poistamisen ja kokeen tekemisen välillä. Sidosaineen valmistajan ohjeessa mainitaan, että dentiinin tulisi olla luonnollisen kostea ennen sidosaineen levittämistä. Tutkimuksen aikana tehtiin huomio siitä, että kosteutta oli helposti joko liian vähän tai liikaa dentiinin pinnalla. Dentiinin pinnan kosteutta on haastavaa vakioda laboratoriossa ja kliinisesti. Muita todennäköisiä syitä sidoksen epäonnistumiselle ovat sidosaineen ja yhdistelmämuovipilarin pieni kontakti pinta-ala tai dentiinipinnan liiallinen esikäsitteily. Murtumatyyppin analyysissa havaittiin lähes jokaisessa ryhmässä yksittäisiä näytteitä, joissa adhesiivinen murtuma ei peittänyt yhdistelmämuovipilarin pohjan/muotin pinta-alaa kokonaan. Syynä siihen, että yhdistelmämuovi ei ollut täysin kosketuksissa dentiinipinnan kanssa muotin kokoisella alueella on, että tiivistämisen aikana, paikkamateriaalilla oli suurempi affiniteetti tarttua muotin muovisiin sisäpintoihin ja instrumentin kärkeen, kuin sileään dentiinin pintaan. Tiiviin yhdistelmämuovikerroksen tekeminen kapeaan sylinterinmuotoiseen muottiin oli haastavaa, eikä kokeen tekijällä ollut mahdollisuutta tarkistaa onko yhdistelmämuovipilari pohjalta tiivis ennen kuin muotti irrotetaan. Yhdistelmämuovipilarit olisivat mahdollisesti tiiviimpiä, jos instrumentin kostuttaisi

resiinissä ennen yhdistelmämuovikerroksen tiivistämistä. Yksi vaihtoehtoinen menetelmä yhdistelmämuovin tiivistämisen helpottamiseksi olisi lämmittää yhdistelmämuovikapselia ennen sen viemistä muottiin. Yhdistelmämuovikerroksen kovettuminen kapean ja syvän muotin pohjalla on epävarmaa ja yhdistelmämuovin vajavainen kovetus voi johtaa alhaisiin sidoslujuuksiin johtuen vähäisestä polymerisaatiosta. Vaihtoehtona on suurentaa muotin ja yhdistelmämuovipilarin halkaisijaa, joka vastapainoisesti vähentää mitattujen sidoslujuuksien tarkkuutta. Dentiinipinta oli akryyliblokiin upotetuissa hampaissa hyvin tasainen ja jopa kiiltävä pinnasta. Hienolla hiomapaperilla hiottu dentiinin pinta eroaa poraamalla tehdyn kaviteetin pinnasta, jossa voi olla demineralisoituneempaa dentiiniä, kovakudosvaurioita ja/tai porausjätettä. Myös akryyliblokin hiominen tasohiomakoneella voi lisätä dentiinin altistumista liialliselle lämmölle. Dentiinin kuumeneminen kuivattaa dentiiniä, mikä heikentää dentiinin rakennetta ja johtaa kohesiivisiin sidoksen murtumiin.

Menetelmään on mahdollista lisätä näytteiden lämpösyklus, jolloin tutkimus huomioisi lämpötilan vaihtelun vaikutuksen lopulliseen sidoslujuteen. Nyt kokeessa oletetaan, että ympäristön lämpötila säilyy vakiona ja tämän takia tutkimuksen metodi ei jäljittele täydellisesti suun luonnollisista olosuhteista johtuvaa yhdistelmämuovipaikan rasitusta. Tutkimuksissa on pystytty osoittamaan, että lämpösyklus lyhyen seuranta-ajan aikana pienentää sidoslujutta [57].

Yksi sidoslujuuksien heikkenemiseen 6 kuukauden säilyttämisen aikana vaikuttava tekijä voi olla hammaskudoksen yksilöllisyys. Jokainen yhdistelmämuovipilari sidostettiin erilliseen hampaaseen ja tämän takia hammas oli kaikissa ryhmissä muuttuva tekijä. Validimpi menetelmä sidoksen vanhenemisen testaamiseksi ja eri testausajankohtien sidoslujuuksien vertailemiseksi olisi sidostaa eri ajankohtina testattavat yhdistelmämuovipilarit saman hampaan dentiinikudokseen. Näin käytettävä hammas ja dentiini olisivat samat välittömästi ja 6 kuukauden jälkeen testatuissa näytteissä. Kyseinen menetelmä vaatisi enemmän valmistelutyötä ja mittauskaluston tulisi toimia mikrotasolla, koska sidostettavan dentiinin pinta-ala pienenee jokaisessa näytteessä, kun hammasta joudutaan jakamaan pienempiin kappaleisiin.

Yhdistelmämuovipilariin kohdistui mahdollisesti vertikaalisesti suuntautuva irrottava voima, kun se irrotettiin muotista. Vertikaalinen voima voi aiheuttaa yhdistelmämuovipilarin irtoamisen, vaikka yhdistelmämuovipilariin kohdistetaan samalla vastavoima painamalla käsi-instrumentilla. Muotin irrottamisen ei pitäisi kuitenkaan vaikuttaa sidoslukuusmittarin mittaamaan horisontaaliseen irrottavaan voimaan.

Tutkimuksessa käytettiin ehjiä kariesvapaita hampaita, joiden dentiini voi poiketa huomattavasti kariesen takia preparoidun hampaan dentiinistä. Kariesvapaiden hampaiden käyttäminen on yleistä vastaavanlaisissa tutkimuksissa, vaikka kliinisesti kariesen vaurioittaman dentiinin paikkaaminen on moninkertaisesti yleisempää kuin terveen hammaskudoksen. Morfologiset tekijät voivat myös aiheuttaa eroja näytteiden välillä. Joissain hampaissa okkusaalifissuurat olivat syviä ja kiille invaginoitui syvälle dentiiniin. Dentiinin joukkoon invaginoituvat kiille alueet voivat parantaa sidoslukuutta. Erot dentiinin laadussa pyrittiin minimoimaan tekemällä yhdistelmämuovipilarit puhtaan homologisen dentiinin kohdalle. SBS-sidoslukuudet ovat heikompia keinotekoisesti vaurioitetussa dentiinissä ehjään dentiiniin verrattuna, joten voidaan olettaa, että näytteiden puhdas ja ehjä dentiinipinta ei vaikuttanut mitattuihin sidoslukuusarvoihin [54].

Muita metodologisia tuloksiin vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi, että tutkimuksen tekijän taito sidostaa tai rakentaa yhdistelmämuovipilaria kehittyy näytteiden valmistamisen aikana. Menetelmässä oli myös suuri satunnaisen virheen mahdollisuus, koska näytteiden valmistaminen vaati huolellisuutta ja tarkkaa ohjeiden mukaan työskentelyä. Moniosaisen tutkimuksen suorittamisen haaste, oli kaikkien työvaiheiden mahdollisimman tarkka toistaminen. Tämän takia on tärkeää harjoitella menetelmän tekemistä useamman kerran ennen lopullisen kokeen suorittamista. Akryyliblokkien tulisi olla mahdollisimman yhdenmukaisia ja dentiinin pinnan tulisi varmasti olla puhdas kylmäakryylista. Akryylin havaitseminen näytteen testattavalla dentiini pinnalla voi olla haastavaa johtuen sen translusentista väristä. Vähäinenkin kylmäakryyli sidostettavalla pinnalla voi vaikuttaa lopulliseen sidoslukuuteen. Murtumat ja dentiinin puhtauden voisi tulevaisuudessa tarkastaa käyttämällä pyyhkäisyelektronimikroskooppia (SEM, Scanning Electron Microscope).

Akryyliblokkien seinämien tulisi olla mahdollisimman pystysuorat niin että mittaussaitteen työntöpää kohdistaa yhdistelmämuovipilarin ja dentiinin väliseen sidokseen kohtisuoran irrottavan voiman. Jos irrottava voima ei ole täysin kohtisuora sidostettavaan pintaan nähden yhdistelmämuovipilariin kohdistuva voima jakautuu myös vertikaalisen akselin suuntaiseksi. Epäilemme, että kaikki akryyliblokit, eivät asettuneet suoraan sidoslujuusmittarin pidikkeeseen, jonka seurauksena irrottavan voiman suunta ei ollut identtinen kaikissa testeissä. Tutkimuksessa käytetty natriumatsidi säilytysliuos eroaa yleisesti samankaltaisissa kokeissa käytössä olevista säilytysliuoksista. Natriumatsidi on antimikrobinen liuos, joka poissulkee mikrobiomin mahdollisen hajottavan vaikutuksen sidokseen tai yhdistelmämuovipilariin. Sen käytöstä hampaiden säilyttämisessä on vähän aikaisempaa tutkimustietoa ja näin ollen sen vaikutuksesta sidoksen muodostumiseen ei voida olla varmoja. Useammissa vastaavanlaisissa tutkimuksissa näytteet on säilytetty tekosyljessä tai natriumhypokloriitissa ( $\text{NaClO}$ ). Näiden kahden säilytysliuoksen välillä ei ole huomattu olevan merkittävää vaikutusta mitattuihin sidoslujuuksiin [58].

Useissa 'in vivo' ja 'in vitro' kokeissa sekä kirjallisuuskatsauksissa on todettu, että klooriheksidiini estää sidoksen heikkenemistä 6 kuukauden seurantajakson aikana, kun tutkitaan SBU-sidosainetta [10,11]. Tutkimusten mukaan klooriheksidiini inhiboi dentiinissä olevien MMP- ja katepsiini entsyymien sidosta heikentävää toimintaa. Hampaan dentiinissä olevalla kollageeniverkostolla sekä sen ympärille muodostuvalla hybridikerroksen paksuudella ja vesipitoisuudella on suuri merkitys sidoslujouden voimakkuuden kannalta. Klooriheksidiinin levittäminen dentiinin pinnalle ennen sidostamista voi olla mahdollinen syy sidoslujuuksien säilymiselle lähes samalla tasolla eri mittausajankohtina. On myös mahdollista, että entsyymiaktiivisuus on hyvin pientä pitkään säilytetyissä poistetuissa hampaissa, joissa ei ole toimivaa hermotusta tai verenkiertoa. Klooriheksidiinin vaikutusta entsyymiaktiivisuuteen poistetuissa 'kuolleissa' hampaissa tulisi tutkia lisää.

## 6.7 Sidoslujuuksien mittaaminen

Valittu SBS-menetelmä sidosaineiden lujuuksien mittaamiseen on kansainvälisesti yleisessä käytössä, ja sitä on pidetty ainoana luotettavana menetelmänä jo 90-luvun

aikana. Vaihtoehtoinen menetelmä sidoslujuuksien mittaamiselle on uudempi microtensile bond test ( $\mu$ TBS).  $\mu$ TBS-koemenetelmällä on saatu eri sidosaineluokkia testaamalla suurempia sidoslujuuslukemia  $\mu$ SBS kokeisiin verrattuna [59]. Laajassa 147 artikkelin kirjallisuuskatsauksessa todetaan, että  $\mu$ TBS-koeasetelmalla saadaan 1.2-3 kertaa suurempia sidoslujuusarvoja kuin  $\mu$ SBS-kokeilla [60].  $\mu$ TBS-kokeissa variaatio eri sidosaineluokkien sidoslujuuksien välillä on myös suurempi. Tutkimuksen pohdinnassa todetaan, että  $\mu$ TBS-kokeilla saadut tulokset ovat merkittävämpiä, koska sidostettua pinta-alaa kuormitetaan tasaisemmin. Toisaalta  $\mu$ TBS -kokeissa myös rekisteröitiin enemmän hampaan dentiinistä johtuvia kohesiivisiä sidoksen murtumia.

$\mu$ TBS-kokeet ovat lähteiden [60] mukaan huomattavasti tekniikkasensitiivisempiä. Samoja tuloksia on myös saatu yhdessä kirjallisuuskatsauksessa sekä kokeellisessa vertailututkimuksessa [61]. Tutkimuksissa todetaan yleinen kaava, suuremmalla sidostus pinta-alalla tutkituilla makro tason kokeilla saadaan systemaattisesti alhaisempia sidoslujuuksia verrattuna mikro tason kokeisiin. Syitä tulosten variaatioihin koemenetelmän sisäisesti on useita kuten: yhdistelmämuoviin kohdistuva epäyhtenäinen voima, sidosaineen kalvon paksuus, materiaalin elastisuus, työntöpään nopeus sekä työntöpään muoto [59]. Kyseiseen SBS-kokeeseen päädyttiin siksi, että Helsingin Yliopistolla oli kokeeseen tarvittava laitteisto saatavilla. Kokeen tulokset ovat vertailukelpoisia keskenään, koska koeryhmien näytteiden ja yhdistelmämuovipilareiden valmistuksessa on noudatettu tarkasti kokeen ennalta suunniteltua menetelmää. Kokeella saavutettujen sidoslujuuksien vertailu eri menetelmillä saatuihin tuloksiin ei ole adekvaattia.

## 6.8 Yhteenveto

Kokonaisuudessaan tutkimustulokset eivät tukeneet tutkimuksen alussa määriteltyä hypoteesia. Tutkimuksen tieteellinen merkitys alalle on se, että lieviin kontaminaatioihin paikkaustoimenpiteen aikana voidaan mahdollisesti lisätutkimuksen myötä suhtautua suopeammin, jos käytetään SBU-sidosainetta ja kaviteetti dekontaminoidaan huolellisesti haittavaikutusten minimoimiseksi. Tulosten perusteella on turvallista käyttää sinkkioksidi-eugenoli pohjaisia paikkausmateriaaleja dentiiniin asti ulottuvissa kaviteeteissa ennen lopullista paikkausta 1SE-sidosaineella, jos tarkastellaan kontaminoivan tekijän vaikutusta ainoastaan sidoslujuuteen. Tulosten perusteella

voidaan myös varovaisesti ehdottaa, että alumiinikloridia sisältävät paikalliset hemostaatit eivät näyttäisi vaikuttavan yhdistelmämuovipaikan välittömään tai 6 kuukauden ennusteeseen, jos hemostaatin huuhtelee huolella pois vedellä ja toimenpiteen tekijä toimii muutenkin hemostaatin valmistajan ohjeen mukaan.

Tuloksissa oli kokonaisuudessaan huomiota herättäviä epä johdonmukaisuuksia, joiden vuoksi niitä tulisi pohtia kriittisesti. Myöskään tulosten sattumanvaraisuutta ei voida tieteellisesti tai tilastollisesti sulkea pois. On hyvä muistaa, että laboratoriokokeiden avulla mitattujen sidoslujuuksien oletetaan usein olevan epäsuorasti vertailtavissa kliinisesti valmistettujen paikkojen pysyvyyteen. Kliinisesti paikan kestävyys vaikuttaa kuitenkin sidoslajuuden lisäksi kaviteetin tukevien seinämien lukumäärä, yhdistelmämuovin kerroksien määrä/muoto, kiilteen määrä, ympäröivä mikrobiota sekä paikkaan kohdistuvat purentavoimat.

Tutkimustulosten perusteella on edelleen suositeltavaa käyttää mahdollisimman tehokkaita kosteudenhallinnan välineitä kuten Kofferdamia sidostamisen ja paikkauksen aikana. Kofferdam, ientaskulanka ja muut syljeneritystä tai ientaskunestettä vähentävät välineet minimoivat kontaminaation riskiä paikkauksen aikana ja ne saattavat myös helpottaa muilla tavoilla toimenpiteen suorittamista. Hyvä paikkauksen aikainen kosteudenhallinta parantaa paikan pitkäaikaisennustetta sekä samalla pienentää heikentyneen sidoksen todennäköisyyttä. Kontaminaatioiden usean vuoden päähän ulottuvaa vaikutusta ei tunneta ja tämän vuoksi on perusteltua optimoida saavutettavissa oleva sidoslajuus kaikin tavoin.

Aiheesta olisi epäeettistä tehdä kontaminaatio tutkimusta potilaille, paitsi jos kyseessä olisi lyhytaikainen 'in vivo' tyyppinen tutkimus poistettaville tai jo poistetuille hampaille. Tulevaisuudessa aiheesta voisi tehdä jatkotutkimusta toistamalla menetelmän laboratoriokokeet ottamalla kehitysehdotukset huomioon sekä suurentamalla koeryhmissä käytettävien hampaiden määrää. Olisi myös tieteellisesti mielenkiintoista tutkia miten kyseiset kontaminoivat tekijät vaikuttavat sidoslajuuteen paikkauksen ja sidostuksen eri vaiheissa tai minkälaisia tuloksia saadaan käyttämällä microtensile bond



test ( $\mu$ TBS) menetelmää SBS-menetelmän sijaan. Havaitaanko kontaminaatioiden vaikutus sidosten vanhenemiseen toisella menetelmällä selkeämmin?

## 7 Lähdeluettelo

- [1] Hampaan paikkaushoito. Käypä Hoito. Suomalainen Lääkäriseura Duodecim ja Suomen Hammaslääkäriseura Apollonia ry:n asettama työryhmä; **2018** (viitattu 08.11.2018). Saatavilla internetissä: <https://www.kaypahoito.fi/hoi50117>
- [2] Nair, P.; Hickel, R.; Ilie, N. Adverse effects of salivary contamination for adhesives in restorative dentistry. A literature review. *Am. J. Dent.* **2017**, *30*(3), 156–164. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29178762>
- [3] Ulker, E.; Bilgin, S.; Kahvecioglu, F.; Cerkan, A. Effect of saliva decontamination procedures on shear bond strength of a one-step adhesive system. *Nig. J. Clin. Prac.* **2017**, *20*(9), 1201–1205. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29072247>
- [4] Kim, J.; Hong, S.; Choi, Y.; Park, S. The effect of saliva decontamination procedures on dentin bond strength after universal adhesive curing. *Restor. Dent. Endod.* **2015**, *40*(4), 299–305. <https://rde.ac/DOIx.php?id=10.5395/rde.2015.40.4.299#B11>
- [5] Luque-Martinez, I. V.; Perdigao, J.; Munoz, M.A.; Sezinando, A.; Reis, A.; Loguercio, A.D. Effects of solvent evaporation time on immediate adhesive properties of universal adhesives to dentin. *Dent. Mater.* **2014**, *30*(10), 1126–1135. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25139815>
- [6] Carvalho, C.N.; De Oliveira Bauer, J.R.; Loguercio, A.D.; Reis, A. Effect of ZOE temporary restoration on resin-dentin bond strength using different adhesive strategies. *J. Esthet. Restor. Dent.* **2007**, *19*(3), 144–153. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=effect+of+zoe+temporary+restoration+on+resin-dentin>
- [7] Forss, H.; Widström, E. Reasons for restorative therapy and the longevity of restorations in adults. *Acta Odont. Scand.* **2004**, *62*(2), 82–86. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15198387>
- [8] Gaengler, P.; Hoyer, I.; Montag, R.; Gaebler, P. Micromorphological evaluation of posterior composite restorations- a 10-year report. *J. Oral. Rehabil.* **2004**, *31*(10), 991–1000. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15387840>
- [9] Dietz, W.; Montag, R.; Kraft, U.; Walther, M.; Sigusch, B.W.; Gaengler, P. Longitudinal micromorphological 15-year results of posterior composite restorations using three-dimensional scanning electron microscopy. *J. Dent.* **2014**, *42*(4), 959–969. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24814136>
- [10] Tjäderhane, L. Dentin Bonding: Can we make it last? *Oper. Dent.* **2015**, *40*(1), 4–18. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25615637>
- [11] Dionysopoulus, D. Effect of digluconate chlorhexidine on bond strength between dental adhesive systems and dentin: A systematic review. *J. Conserv. Dent.* **2016**, *19*(1), 11–16. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4760005/>



- [12] Hamdan-Nassar, T.; Bellot-Arcis, C.; Paredes-Gallardo, V.; Garcia-Sanz, V.; Pascual-Moscardo, A.; Almerich-Silla, J.M.; Montiel-Company, J.M. Effect of 2% chlorhexidine following acid etching on microtensile bond strength of resin restorations: A meta-analysis. *Medicina (Kaunas)*, **2019**, *55*(12), 769. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6955988/>
- [13] Van Meerbeek, B.; Yoshihara, K.; Yoshida, Y.; Mine, A.; De Munck, J.; Van Landuyt, K.L. State of the art of self-etch adhesives. *Dent Mater.* **2011**, *27*(1), 17–28. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21109301>
- [14] Hayashi, M.R.; Low, K.; Tupaz, K.; Ozaki, A.; Stevenson, R.G.; Kim, R.H. Enhancing dental student learning and skill with dental bonding utilizing a shear bond strength test. *J Dent Educ.* **2018**, *82*(8), 872–877. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30068776>
- [15] Schellenberg, U.; Krey, G.; Bosshardt, D.; Nair, P.N. Numerical density of dentinal tubules at the pulpal wall of human permanent premolars and third molars. *J Endod.* **1992**, *18*(3), 104–109. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19186429>
- [16] Ruschel, H.C.; Chevitarese, O. Density and diameter of dentinal tubules of first and second primary human molars – comparative scanning electron microscopy study. *J Clin Pediatr Dent.* **2002**, *26*(3), 297–304. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11990055>
- [17] Nisha, G.; Amit, G. Textbook of Operative Dentistry. Kappale 16: Bonding to Enamel and dentin. Ensimmäinen painos: Jaypee Brothers Medical Publishers, New Delhi; **2010**. Saatavilla internetissä: [https://books.google.fi/books?id=n2TJDryohrMC&printsec=frontcover&hl=fi&source=gbp\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.fi/books?id=n2TJDryohrMC&printsec=frontcover&hl=fi&source=gbp_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- [18] Henkilökohtainen lähde
- [19] Van Landuyt, K.L.; Snauwaert, J.; De Munck, J.; Peumans, M.; Yoshida, Y.; Poitevin, A.; Coutinho, E.; Suzuki, K.; Lambrechts, P.; Van Meerbeek, B. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials.* **2007**, *28*(26), 3757–3785. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17543382>
- [20] Yoshida, Y.; Nagakane, K.; Fukuda, R.; Nakayama, Y.; Okazaki, M.; Shintani, H.; Inoue, S.; Tagawa, Y.; Suzuki, K.; De Munck, J.; Van Meerbeek, B. Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *J Dent Res.* **2004**, *83*(6), 454–458. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15153451>
- [21] Santos, M.J.; Ari, N.; Steele, S.; Costella, J.; Banting, D. Retention of tooth-colored restorations in non-carious cervical lesions- a systematic review. *Clin Oral Investig.* **2014**, *18*(5), 1369–1381. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24671713>
- [22] Sidostusmenetelmän vaikutus yhdistelmämuovipaikkojen selviytymiseen: näytönastekatsaus. Käypä Hoito. Kotiranta, A.; Suomalainen Lääkäriseura Duodecim ja Suomen Hammaslääkäriseura Apollonia ry:n asettama työryhmä; **2018** (viitattu 08.11.2018). Saatavilla internetissä: <https://www.kaypahoito.fi/nak09011>

- [23] Yousaf, A.; Aman, N.; Manzoor, M.A.; Shah, J.A.; Dilrasheed. Postoperative sensitivity of self etch versus total etch adhesive. *J Coll Physicians Surg Pak*. **2014**, 24(6), 383–386. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24953909>
- [24] Lawson, N.C.; Robles, A.; Fu, C.; Lin, C.P.; Sawlani, K.; Burgess, J. Two-year clinical trial of a universal adhesive in total-etch and self-etch mode in non-carious cervical lesions. *J Dent*. **2015**, 43(10), 1229–1234. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4871604/>
- [25] Favarao, J.; Zanini, M.M.; Coelho, M.A.; Flores Abunas, G.; Girelli, C.; Camilotti, V.; Giannini, M.; Mendonça, M.J. Immediate and 6-month bond strengths of different adhesives in oral environment. *J Adhes Dent*. **2017**, 475–481. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29255811>
- [26] Pongprueksa, P.; Miletic, V.; De Munck, J.; Brooks, N.R.; Meersman, F.; Nies, E.; Van Meerbeek, B.; Van Landuyt, K.L. Effect of evaporation on the shelf life of a universal adhesive. *Oper Dent*. **2014**, 39(5), 500–507. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24502756>
- [27] Santana, M.L.; Sousa Junior, J.A.; Leal, P.C.; Faria-e-Silva, A.L. Does maintaining a bottle of adhesive without a lid significantly reduce the solvent content? *Braz Dent J*. **2014**, 25(6), 543–545. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25590203>
- [28] Shadman, N.; Farzin-Ebrahimi, S.; Mortazavi-Lahijani, E.; Jalali, Z. Effect of chlorhexidine on the durability of a new universal adhesive system. *J Clin Exp Dent*. **2018**, 10(9), 921–926. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30386526>
- [29] Stape, T.H.S.; Wik, P.; Mutluay, M.M.; Al-Ani, A.A.S.; Tezvergil-Mutluay, A. Selective dentin etching: A potential method to improve bonding effectiveness of universal adhesives. *J Mech Behav Biomed Mater*. **2018**, 14–22. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29913306>
- [30] 3M Espe Dental Products. Scotchbond Universal Adhesive technical product profile [internet]. Yhdysvallat; **2013** (Viitattu: 08.11.2018). Saatavilla internetissä: <http://multimedia.3m.com/mws/media/754751O/scotchbond-universal-adhesive-technical-product-profile.pdf>
- [31] 3M Espe Dental Products. Filtek Supreme XTE technical product profile [internet]. Australia; **2010** (Viitattu 08.11.2018). Saatavilla internetissä: <http://multimedia.3m.com/mws/media/643070O/filtek-supreme-xte-technical-profile-anz.pdf>
- [32] Ultradent Products Inc. Viscostat Clear IFU [internet]. Yhdysvallat. (Viitattu 08.11.2018). Saatavilla internetissä: <https://assets.ctfassets.net/wfptrcrbtkd0/189c6601-e759-4bdb-a522-c5f4d8acc802/374963d0e6a99acbe7d31b240c397774/ViscoStat-Clear.pdf>

- [33] Dentsply Sirona International. Dentsply Sirona IRM-Caps käyttöohje. Saksa: Dentsply Sirona; **2014**. Saatavilla internetissä:  
<https://kauppa.hammasvaline.fi/hammastarvikkeet/tayteaineet/valiaikaiset-tayteaineet/82401-valiaikainen-paikka-irm-kapseli-p-12415.html>
- [34] Kim, J.; Hong, S.; Choi, Y.; Park, S. The effect of saliva decontamination procedures on the dentin bond strength after universal adhesive curing. *Restor Dent Endod*. **2015**, 40(4), 299–305. <https://rde.ac/DOIx.php?id=10.5395/rde.2015.40.4.299#B11>
- [35] Choi, A.N.; Lee, J.H.; Son, S.A.; Jung, K.H.; Kwon, Y.H.; Park, J.K. Effect of dentin wetness on the bond strength of universal adhesives. *Materials (Basel)*, **2017**, 10(11), 1224. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29068404>
- [36] Bijelic-Donova, J.; Flett, A.; Lassila, L.V.J.; Vallittu, P.K. Immediate repair bond strength of fiber-reinforced composite after saliva or water contamination. *J Adhes Dent*. **2018**, 20(3), 205–212. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29854993>
- [37] Haralur, S.B.; Alharti, S.M.; Abohasel, S.A.; Alqhatani, K.M. Effect of decontamination treatments on micro-shear bond strength between blood-saliva-contaminated post-etched dentin substrate and composite resin. *Healthcare (Basel)*. **2019**, 7(4), 1–13. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31683858>
- [38] Groddeck, S.; Attin, T.; Tauböck, T.T. Effect of cavity contamination by blood and hemostatic agents on marginal adaptation of composite restorations. *J Adhes Dent*. **2017**, 19(3), 259–264. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28580463>
- [39] Ultradent Products Inc. Viscostat Clear Safety Data Sheet SDS [internet]. Yhdysvallat; **2019** (viitattu 08.11.2018). Saatavilla internetissä:  
<https://www.ultradent.com/products/categories/retraction/hemostatics/viscostat-clear>
- [40] Yoo, H.M.; Pereira, P.N. Effect of blood contamination with 1-step self-etching adhesives on microtensile bond strength to dentin. *Oper Dent*. **2006**, 31(6), 660–665. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17153973>
- [41] Kimmes, N.S.; Olson, T.L.; Shaddy, R.S.; Latta, M.A. Effect of Viscostat and Viscostat Plus on composite shear bond strength in the presence and absence of blood. *J Adhes Dent*. **2006**, 08(06), 363–366. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17243592>
- [42] Saad, A.; Inoue, G.; Nikaido, T.; Abdou, A.M.A.; Sayed, M.; Burrow, M.F.; Tagami, J. Effect of dentin contamination with two hemstatic agents on bond strength of resin-modified glass ionomer cement with different conditioning. *Dent Mater J*. **2019**. 38(2), 257–263. [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30504695](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30504695)
- [43] Kuphasak, W.; Harnirattisai, C.; Senawongse, C.; Tagami, J. Bond strengths of two adhesive systems to dentin contaminated with a hemostatic agent. *Oper Dent*. **2007**, 32(4), 399–405. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17695614>

- [44] Nasreen, F.; Guptha, A.B.; Srinivasan, R.; Chandrappa, M.M.; Bhandary, S.; Junjanna, P. An in vitro evaluation of effect of eugenol exposure time on the shear bond strength of two-step and one-step self-etching adhesives to dentin. *J Conserv Dent.* **2014**, *17*(3), 280–284. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24944455>
- [45] Hume, W.R.; An analysis of the release and the diffusion through dentin of eugenol from zinc oxide-eugenol mixtures. *J Dent Res.* **1984**, *63*(6), 881–884. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6588071>
- [46] Pires, C.W.; Lenzi, T.L.; Soares, F.Z.M.; Rocha, R.O. Zinc oxide eugenol paste jeopardizes the adhesive bonding to primary dentin. *Eur Arch Paediatr Dent.* **2018**, *19*(3), 163–169. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29754275>
- [47] Carvalho, C.N.; de Oliveira Bauer, J.R.; Loguercio, A.D.; Reis, A. Effect of ZOE temporary restoration on resin-dentin bond strength using different adhesive strategies. *J Esthet Restor Dent.* **2007**, *19*(3), 144–152. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17518904>
- [48] Itskovich, R.; Lewinstein, I.; Zilberman, U. The influence of zinc-oxide eugenol (ZOE) and glass-ionomer (GI) base materials on the microhardness of various composite and GI restorative materials. *Open Dent J.* **2014**, *(8)*, 13–19. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24624238>
- [49] Peutzfeldt, A.; Asmussen, E. Influence of eugenol-containing temporary cement on efficacy of dentin-bonding systems. *Eur J Oral Sci.* **1999**, *107*(1), 65–69. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10102752>
- [50] Peutzfeldt, A.; Asmussen, E. Influence of eugenol-containing temporary cement on bonding of self-etching adhesives to dentin. *J Adhes Dent.* **2016**, *8*(1), 31–34. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16536342>
- [51] Saikaew, P.; Fu, J.; Chowdhury, A.F.M.A.; Carvalho, R.M.; Sano, H. Effect of air-blowing time and long-term storage on bond strength of universal adhesives to dentin. *Clin Oral Investig.* **2019**, *23*(9), 2629–2635. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30327950>
- [52] Argolo, S.; Oliveira, D.C.; Fontes, C.M.; Lima, A.F.; de Freitas, A.P.; Cavalcanti, A.N. Effect of increased dwell times for solvent evaporation on the bond strength and degree of conversion of an ethanol-based adhesive system. *Acta Odontol Latinoam.* **2012**, *25*(11), 109–114. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22928390>
- [53] Werle, S.B.; Steglich, A.; Soares, F.Z.; Rocha, R.O. Effect of prolonged air drying on the bond strength of adhesive systems to dentin. *Gen Dent.* **2015**, *63*(6), 68–72. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26545278>

[54] Amsler, F.; Peutzfeldt, A.; Lussi, A.; Flury, S. Long-term bond strength of self-etch adhesives to normal and artificially eroded dentin: Effect in relative humidity and saliva contamination. *J Adhes Dent.* **2017**, *19*(2), 169–176.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28439578>

[55] Santschi, K.; Peutzfeldt, A.; Lussi, A.; Flury, S. Effect of salivary contamination and decontamination on bond strength of two one-step self-etching adhesives to dentin of primary and permanent teeth. *J Adhes Dent.* **2015**, *17*(1), 51–57.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25625136>

[56] Stape, T.H.S.; Seseogullari-Dirihan, R.; Tjäderhane, L.; Abuna, G.; Martins, L.M.S.; Tezvergil-Mutluay, A. A novel dry-bonding approach to reduce collagen degradation and optimize resin-dentin interfaces. *Sci Rep.* **2018**, *8*(1).

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6237771/>

[57] Geng Vivanco, R.; Cardoso, R.S.; Sousa, A.B.S.; Chinelatti, M.A.; Vincenti, S.A.F.; Tonani-Torrieri, R.; Pires-de-souza, F.C.P. Effect of thermo-mechanical cycling and chlorhexidine on the bond strength of universal adhesive systems to dentin. *Heliyon.* **2020**, *6*(4). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32373750>

[58] Taschner, M.; Kummerling, M.; Lohbauer, U.; Breschi, L.; Petschelt, A.; Frankenberger, R. Effect of double layer application on dentin bond durability of one-step self-etch adhesives. *Oper Dent.* **2014**, *39*(4), 416–426.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24191868>

[59] Munchow, E.A.; Bossardi, M.; Priebem C.T.; Valente, L.L.; Zacnchi, C.H.; Ogliari, F.A.; Piva, E. Microtensile versus microshear bond strength between dental adhesives and the dentin substrate. *J Adhes & Adhesiv.* **2013**, *46*, 95–99. Saatavilla osoitteessa:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014374961300119X>

[60] Sherrer, S.S.; Cesar, P.F.; Swain, M.V. Direct comparison of the bond strength results of the different test methods: A critical literature review. *Dent Mater.* **2010**, *26*(2), 78–99. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20060160>

[61] Yildirim, S.; Tosun, G.; Koyuturk, A.E.; Sener, Y.; Sengun, A.; Ozer, F.; Imazato, S. Microtensile and microshear bond strength of an antibacterial self-etching system to primary tooth dentin. *Eur J Dent.* **2008**, *2*(1), 11–17.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19212503>

## 8 Liitteet

### Liite 1.

#### Menetelmä

**Otsikko: Kontaminoivien tekijöiden vaikutus yksivaiheisen itse-etsaavan Scotchbond Universal 3M ESPE-sidosaineen ja 3M Filtek Supreme XTE -yhdistelmämuovin väliseen sidoslujuteen 36 tuntia ja 6 kuukautta toimenpiteen jälkeen**

**Päivämäärä: 30.1.2019**

#### Johdanto

Laboratoriokokeiden tavoite on kvantitatiivisesti määrittää kontaminoivien tekijöiden vaikutus yksivaiheisen itse-etsaavan Scotchbond Universal -sidosaaineen sidoslujuteen (MPa). Sidoslujuuksien mittauksessa käytetään tarkoitukseen suunniteltua Bisco Shear Bond Tester -sidoslujuusmittaria. Sidoslujuusmittari rekisteröi sidostetun yhdistelmämuovin irrottamiseen vaadittavaa voimaa. Kyseinen tutkimusmenetelmä on valittu, koska sitä on käytetty aikaisemmin vastaavanlaisissa sidosaaineisiin liittyvissä tutkimuksissa ja tämän takia menetelmä on helposti toistettavissa. Menetelmällä on heikkouksia, joita on käsitelty pohdinnassa. Menetelmässä käytetty laitteisto ja materiaalit ovat Hammaslääketieteen laitoksen sekä HUS Suu- ja Leukasairauksien Opetusklinikan käytössä ja omistuksessa. Tutkimuksessa käytetyt Scotchbond Universal-sidosainepullot on saatu tutkimuskäyttöön 3M ESPE:ltä. Tutkimukset on suoritettu laboratorio olosuhteissa. Voidaan olettaa, että lämpötila ja ympäröivä ilmanpaine säilyvät vakioina.

## Materiaalit

80 kpl. humaani molaari hammasta

1.0 l 0.2% Natriumatsidi liuos

Sekuntikello

10 kpl. tasapäinen timantti fissuura

Turbiinin kulmakappale

Affinis putty Catalyst + base

Kylmäakryyilia (Paladur)

Tasohiomakone

Pehmeä hiomapaperi (Mirka, P80 ja P360)

Lämpökaappi

Kolmitemoruisku

10 ml sylkeä koehenkilöltä

Superlon-pellettejä

Vanupalloja

Atulat

Pipetti

Operaatiomikroskooppi

Unident muotti ja teline

Dentsply Sirona IRM Caps

Ultradent Viscostat Clear

3M ESPE Scotchbond Universal Adhesive (pullo)

3M ESPE Elipar S10 valokovettaja

Suojapleksi

Filtek Supreme XTE -yhdistelmämuovi

Yhdistelmämuovin täppäin pallo

Lieriö täppäin

Karveri

Sondi

Spaatteli

Kuminen sekoituskuppi



**Kuva 12.** Tutkimukseen käytettyjä materiaaleja

Bisco Shear Bond Tester

30 ml lääkelasi

Muovikuppi

Superlontikkuja

2x iso suljettava säilytysastia

Viivoitin

Työntömitta

Ruutupaperia

Permanenttitussi

80 kpl. Suljettavia pakastepusseja

Bluelight analytics MARC

Luupit

## Menetelmä

- 1.) Hanki 80 kappaletta poistettuja ei-karioituneita humaani molaari hampaita. (Kuva 2.) Tutkimukseen voidaan ottaa mukaan hampaat, joissa on okklusaalisesti kiillekariesta visuaalisen tarkastelun perusteella. Säilytä hampaat kokeeseen asti 0.2% natriumatsidi liuoksessa jääkaapissa. Hampaat tulisi olla kerätty mahdollisimman lyhyessä aikavälissä.
- 2.) Kun aloitat näytteiden valmistelun huuhtelee hampaista natriumatsidi liuos pois vedellä vetokaapin sisällä.
- 3.) Käytä pitkää tasapäistä timantti fissuura -poranterää ja turbiinia juurten horisontaalista katkaisua varten. Katkaise juuret noin puolesta välistä koronaali-apikaalisuunnassa. Työn nopeuttamiseksi vaihda poranterä uuteen, kun se tylsyy.
- 4.) Poista hampaista kuspit turbiinilla. Tasoita hampaan koronaalista pintaa, kunnes hampaan keskellä oleva dentiini on heterogeenistä ja erottuu selkeästi hampaan reunoilla olevasta kiilteestä. Vältä pulpan paljastumista. Huuhtelee hampaat lopuksi vedellä. (Kuva 3.)
- 5.) Valmista muotti hampaan valamista varten käyttämällä Affinis Putty - jäljennösainetta. Muotin muoto ja koko riippuvat siitä minkälainen kappale



- sopii kokeessa käytettävään sidoslujuusmittariin. Valmista 5 kpl. muotteja valamisprosessin systemoimiseksi. (Kuva 4.)
- 6.) Asettele hampaat pystyyn koronaalinen pinta alaspäin muotin sisäpuolelle keskelle valukaivoa.
  - 7.) Valmista vetokaapissa kylmäakryyliä sekoittamalla akryylijauhe ja katalyytti sekoituskupissa spaattelin avulla. Suojaa kätesi hyvin hanskoilla materiaalin allergisoivan vaikutuksen takia.
  - 8.) Täytä muotti kemialliskovetteisella kylmäakryylillä (Paladur). Anna akryylin kovettua ennen hiontaa. (noin 10 minuuttia). Toista, kunnes kaikki hampaat on valettu akryyliin. (Kuva 5.)
  - 9.) Hio näytteiden pinnat sileiksi tasohiomakoneella. Aloita hiomalla akryylikappaleen reunat suoriksi. Reunojen suoruus vaikuttaa näytepalan istuvuuteen sidoslujuusmittarissa. Näytteen tulisi asettua mahdollisimman kohtisuoraan siihen kohdistuvaan voimaan nähden. Jatka hiomalla näytekappaleen ala- ja yläpinnat. Huomioi hiomakoneen kitkan aiheuttama kuumuus hammaskudokselle ja käytä aina vesijäähdytystä. Vältä hiomasta liikaa hammaskudosta näytekappaleiden ylä- ja alapinnoilta. (Kuva 6.)
  - 10.) Varmista operaatiomikroskoopilla, että hampaan kokeessa käytettävä koronaalinen pinta on paljastunut mahdollisen akryylikerroksen alta. (Kuva 7.)
  - 11.) Viimeistele jokaisen näytteen yläpuolinen dentiinipinta hiomalla käsihiomapaperilla. Käytä ensin karheampaa hiomapaperia ja siirry sen jälkeen käyttämään hienompaa hiomapaperia. Hio, kunnes hampaan dentiinipinta on visuaalisesti tarkasteltuna puhtaan ja sileän näköinen. (Kuva 8.)
  - 12.) Säilytä näytteitä natriumatsidi liuoksessa huoneenlämmössä sidostamiseen asti.
  - 13.) Ennen sidostamisen aloittamista taivuttele ja asettele ruutupaperia vertikaalista seinää vasten. Teippaa paperi kiinni kuvan mukaisesti. (Kuva 9.) Mittaa viivoitinta käyttämällä mallina olevan näytekappaleen pinnasta 5 sekä 2,5 senttimetriä ja piirrä paperille edellä mainittuihin kohtiin vaakasuorat viivat kynällä.
  - 14.) Puhdista valokovettajan pää pyyhkimällä. Mittaa valokovettajan antaman valon intensiteetti käyttämällä MARC mittauslaitteistoa.
  - 15.) Sidosta yhdistelmämuovisylinterit hampaiden dentiiniin alla olevien ohjeiden mukaan:

- a. **Ryhmä 1. Positiivinen kontrolli 36 tuntia (PC1-10) 10 kpl. ja 6 kuukautta (PC11-PC18) 8 kpl.** – Näytteiden dentiiniin sidostetaan sylinterinmuotoinen yhdistelmämuovipaikka modifioitujen valmistajan sidostamisen ohjeiden mukaan.
- i. Huuhtelee näytteistä huolellisesti natriumatsidi pois hanavedellä vetokaapissa.
  - ii. Kuivaa kolmitehoruiskulla.
  - iii. Merkitse näytteet permanenttitussilla PC1-PC18. Tee merkintä akryyliin.
  - iv. Hankaa klooriheksidiiniliuoksella (Chx endo 2%) 10 pyyhkäisyn verran käyttämällä kostutettua superlonpellettä ja atuloita. (Kuva 10.)
  - v. Haihduta klooriheksidiiniä kolmitehoruiskulla puhaltamalla kevyesti, niin että dentiinin pinta on luonnollisen kostea.
  - vi. Ravista sidosainepulloa ennen käyttöä. Levitä Scotchbond Universal -sidosainetta superlontikulla aktiivisesti hankaamalla 20 sekuntia luonnollisen kostean dentiinin pintaan. Katso aika sekuntikellosta. (Kuva 11.)
  - vii. Haihduta liuotin puhaltamalla kovaa kolmitehoruiskulla 5 senttimetrin etäisyydeltä 5 sekunnin ajan. (Kuva 12.) Liikuta kolmitehoruiskua hitaasti sivuttaissuunnassa näytekappaleen yläpuolella. Siirrä kolmitehoruisku 2,5 senttimetrin etäisyydelle näytteen pinnasta ja haihduta liuotinta vielä 10 sekuntia. (Kuva 13.)
  - viii. Koveta 3M ESPE Elipar S10 valokovettajalla sidosainetta 15 sekuntia. (Kuva 14.) Aika on ohjelmoitu valokovettajaan. Pidä valokovettajaa tukevasti mahdollisimman lähellä sidosaineen pintaa. Vältä koskettamasta sidosaineen pintaa sekä ylimääräisten valolähteiden aiheuttamaa valoaltistusta.
  - ix. Aseta näytekappale Unidentin mittauslaitteistoon. Tarkista, että muovisen muotin sylinterinmuotoinen aukko asemoituu hampaan dentiinin kohdalle ennen kiristämistä. Kiristä muotti tukevasti dentiinin pintaan kiinni. (Kuva 15.)

- x. Täytä muotti Filtek Supreme XTE yhdistelmämuovilla puoleen väliin (noin 2 mm). viejän avulla. Tiivistä yhdistelmämuovi käyttämällä yhdistelmämuovi- sekä lieriö täppäimiä. Paina yhdistelmämuovi tiiviisti dentiiniä vasten. (Kuva 16.)
- xi. Koveta ensimmäinen kerros Elipar S10 valokovettajalla. Pidä valokovettaja muotin pintaa vasten, jotta valon intensiteetti on mahdollisimman suuri ja valokoveta 15 sekunnin ajan. Pidä valokovettajan päätä mahdollisimman tukevasti paikoillaan.
- xii. Lisää Filtek Supreme XTE -yhdistelmämuovia muottiin (noin 2 mm) niin, että muotin sylinterimäinen osa täyttyy kokonaan. Poista ylimäärät muotin reunoilta käsi-instrumenteilla.
- xiii. Koveta käyttämällä Elipar S10 -valokovettajaa. Pidä valokovettajaa tukevasti muotin pinnassa kiinni ja valokoveta 15 sekunnin ajan.
- xiv. Irrota varovaisesti muotti painamalla sylinterimäistä yhdistelmämuovipaikkaa yläpuolelta yhdistelmämuovin täppäimellä. Varmista, että muottia irrottava voima kohdistuu mahdollisimman paljon ylöspäin, jotta yhdistelmämuoviin ei kohdistu sivuttaissuuntaisia voimia.
- xv. Asettele 36 tunnin ja 6 kuukauden näytteet erillisiin tiiviisiin natriumatsidia sisältäviin astioihin. Varmista, että näytteet peittyvät natriumatsidiin ja eivät ole päällekkäin.
- xvi. Laita näytteet 37 °C lämpöiseen lämpökaappiin. (Kuva 17.)

**b. Ryhmä 2. Negatiivinen kontrolli 36 tuntia 2 kpl. (NC1-NC2) ja 6 kuukautta 2 kpl. (NC3-NC4) – Koeryhmä, jossa yhdistelmämuovipaikka kiinnitetään dentiinin pintaan ilman sidosainetta.**

- i. Huuhtelee näytteistä huolellisesti natriumatsidi pois hanavedellä vetokaapissa.
- ii. Kuivaa kolmiteluhuiskulla.
- iii. Hankaa klooriheksidiiniliuoksella (Chx endo 2%) 10 pyyhkäisyn verran käyttämällä kostutettua superlonpellettiä ja atuloita.

- iv. Haihduta klooriheksidiiniä kolmitehoruiskulla puhaltamalla kevyesti, niin että dentiinin pinta on luonnollisen kostea.
- v. Aseta näytekappale Unidentin telineeseen. Tarkista, että muovisen muotin aukko asemoituu hampaan dentiinin kohdalle ennen kiristämistä. Kiristä sen jälkeen muotti tukevasti dentiinin pintaan kiinni.
- vi. Täytä muotti Filtek Supreme XTE yhdistelmämuovilla puoleen väliin (noin 2 mm). Tiivistä yhdistelmämuovi käyttämällä yhdistelmämuovi sekä lierio täppäimiä. Täppää yhdistelmämuovi tiiviisti dentiiniä vasten.
- vii. Koveta ensimmäinen kerros Elipar S10 valokovettajalla. Pidä valokovettaja muotin pintaa vasten, jotta valon intensiteetti on mahdollisimman suuri ja valokoveta 15 sekunnin ajan. Pidä valokovettajan päätä mahdollisimman tukevasti paikoillaan.
- viii. Lisää Filtek Supreme XTE -yhdistelmämuovia muottiin (noin 2 mm) niin, että muotin sylinterimäinen osa täyttyy kokonaan. Poista ylimäärät muotin reunoilta käsi-instrumenteilla.
- ix. Koveta käyttämällä Elipar S10 -valokovettajaa. Pidä valokovettajaa tukeasti muotin pinnassa kiinni ja valokoveta 15 sekunnin ajan.
- x. Irrota varovaisesti muotti painamalla sylinterimäistä yhdistelmämuovipaikkaa yläpuolelta yhdistelmämuovin täppäimellä. Varmista, että muottia irrottava voima kohdistuu mahdollisimman paljon ylöspäin, jotta yhdistelmämuoviin ei kohdistu sivuttaissuuntaisia voimia.
- xi. Asettele 36 tunnin ja 6 kuukauden näytteet erillisiin tiiviisiin natriumatsidia sisältäviin astioihin. Varmista, että näytteet peittyvät natriumatsidiin ja eivät ole päällekkäin.
- xii. Laita näytteet 37 °C lämpöiseen lämpökaappiin.

- c. **Ryhmä 3. Sylkikontaminaatio 36 tuntia 10 kpl. (S1-S10) ja 6 kuukauden näytteet 10 kpl. (S11-S20) -Koeryhmä**, jossa kontaminoidaan kovetettu sidosaine syljellä.

- i. Huuhtele näytteistä huolellisesti natriumatsidi pois hanavedellä vetokaapissa.
- ii. Kuivaa kolmitehoruiskulla.
- iii. Hankaa klooriheksidiiniliuoksella (Chx endo 2%) 10 pyyhkäisyn verran käyttämällä kostutettua superlonpellettiä ja atuloita.
- iv. Haihduta klooriheksidiiniä kolmitehoruiskulla puhaltamalla kevyesti, niin että dentiinin pinta on luonnollisen kostea.
- v. Levitä Scotchbond Universal -sidosainetta aktiivisesti 20 sekuntia luonnollisen kostean dentiinin pintaan. Katso aika sekunttikellosta.
- vi. Haihduta liuotin puhaltamalla kovaa kolmitehoruiskulla 5 senttimetrin etäisyydeltä 5 sekunnin ajan. Liikuta kolmitehoruiskua hitaasti sivuttaissuunnassa. Siirrä kolmitehoruisku 2,5 senttimetrin etäisyydelle näytteen pinnasta ja haihduta liuotinta vielä 10 sekuntia.
- vii. Koveta 3M ESPE Elipar S10 valokovettajalla sidosainetta 15 sekuntia. Aika on ohjelmoituna valokovettajaan. Pidä valokovettajaa tukevasti mahdollisimman lähellä sidosaineen pintaa. Vältä ylimääräisten valolähteiden aiheuttama valoaltistus.
- viii. Kostuta superlonpelletti muovikupissa olevassa syljessä. Hankaa superlonpellettiä näytteen dentiinin pintaan 30 sekunta.
- ix. Puhalla dentiinin pinta kuivaksi kolmitehoruiskulla.
- x. Aseta näytekappale Unidentin telineeseen. Tarkista, että muovisen muotin aukko asemoituu hampaan dentiinin kohdalle ennen kiristämistä. Kiristä sen jälkeen muotti tukevasti dentiinin pintaan kiinni.
- xi. Täytä muotti Filtek Supreme XTE yhdistelmämuovilla puoleen väliin (noin 2 mm). Tiivistä yhdistelmämuovi käyttämällä yhdistelmämuovi sekä lierio täppäimiä. Täppää yhdistelmämuovi tiiviisti dentiiniä vasten.
- xii. Koveta ensimmäinen kerros Elipar S10 valokovettajalla. Pidä valokovettaja muotin pintaa vasten, jotta valon intensiteetti on mahdollisimman suuri ja valokoveta 15 sekunnin ajan. Pidä valokovettajan päätä mahdollisimman tukevasti paikoillaan.

- xiii. Lisää Filtek Supreme XTE -yhdistelmämuovia muottiin (noin 2 mm) niin, että muotin sylinterimäinen osa täyttyy kokonaan. Poista ylimäärät muotin reunoilta käsi-instrumenteilla.
- xiv. Koveta käyttämällä Elipar S10 -valokovettajaa. Pidä valokovettajaa tukeasti muotin pinnassa kiinni ja valokoveta 15 sekunnin ajan.
- xv. Irrota varovaisesti muotti painamalla sylinterimäistä yhdistelmämuovipaikkaa yläpuolelta yhdistelmämuovin täppäimellä. Varmista, että muottia irrottava voima kohdistuu mahdollisimman paljon ylöspäin, jotta yhdistelmämuoviin ei kohdistu sivuttaissuuntaisia voimia.
- xvi. Asettele 36 tunnin ja 6 kuukauden näytteet erillisiin tiiviisiin natriumatsidia sisältäviin astioihin. Varmista, että näytteet peittyvät natriumatsidiin ja eivät ole päällekkäin.
- xvii. Laita näytteet 37 °C lämpöiseen lämpökaappiin.

**d. Ryhmä 4. Kontaminaatio alumiinikloridilla (Viscostat) 36 tuntia 10 kpl. (V1-V10) ja 6 kuukauden näytteet 10 kpl. (V11-V20) -Koeryhmä, jossa kontaminoidaan preparatoitu dentiinin pinta Viscostat alumiinikloridilla.**

- i. Huuhtelee näytteistä huolellisesti natriumatsidi pois hanavedellä vetokaapissa.
- ii. Kuivaa kolmitestihoruisella.
- iii. Kostuta superlontikku muovikupissa olevaan Viscostatiin. (Kuva 17.) Hankaa dentiinin pintaan 30 sekuntia.
- iv. Huuhtelee näyte vedellä käyttämällä kolmitestihoruisia.
- v. Puhalla näyte kuivaksi kolmitestihoruisella.
- vi. Hankaa klooriheksidiiniliuoksella (Chx endo 2%) 10 pyyhkäisyn verran käyttämällä kostutettua superlonpelttiä ja atuloita.
- vii. Haihduta klooriheksidiiniä kolmitestihoruisella puhaltamalla kevyesti, niin että dentiinin pinta on luonnollisen kostea.
- viii. Levitä Scotchbond Universal -sidosainetta aktiivisesti 20 sekuntia luonnollisen kostean dentiinin pintaan. Katso aika sekunttikellosta.

- ix. Haihduta liuotin puhaltamalla kovaa kolmitehoruiskulla 5 senttimetrin etäisyydeltä 5 sekunnin ajan. Liikuta kolmitehoruiskua hitaasti sivuttaissuunnassa. Siirrä kolmitehoruisku 2,5 senttimetrin etäisyydelle näytteen pinnasta ja haihduta liuotinta vielä 10 sekuntia.
- x. Koveta 3M ESPE Elipar S10 valokovettajalla sidosainetta 15 sekuntia. Aika on ohjelmoituna valokovettajaan. Pidä valokovettajaa tukevasti mahdollisimman lähellä sidosaineen pintaa. Vältä ylimääraisten valolähteiden aiheuttama valoaltistus.
- xi. Aseta näytekappale Unidentin telineeseen. Tarkista, että muovisen muotin aukko asemoituu hampaan dentiinin kohdalle ennen kiristämistä. Kiristä sen jälkeen muotti tukevasti dentiinin pintaan kiinni.
- xii. Täytä muotti Filtek Supreme XTE yhdistelmämuovilla puoleen väliin (noin 2 mm). Tiivistä yhdistelmämuovi käyttämällä yhdistelmämuovi sekä lierio täppäimiä. Täppää yhdistelmämuovi tiiviisti dentiiniä vasten.
- xiii. Koveta ensimmäinen kerros Elipar S10 valokovettajalla. Pidä valokovettaja muotin pintaa vasten, jotta valon intensiteetti on mahdollisimman suuri ja valokoveta 15 sekunnin ajan. Pidä valokovettajan päätä mahdollisimman tukevasti paikoillaan.
- xiv. Lisää Filtek Supreme XTE -yhdistelmämuovia muottiin (noin 2 mm) niin, että muotin sylinterimäinen osa täyttyy kokonaan. Poista ylimäärät muotin reunoilta käsi-instrumenteilla.
- xv. Koveta käyttämällä Elipar S10 -valokovettajaa. Pidä valokovettajaa tukevasti muotin pinnassa kiinni ja valokoveta 15 sekunnin ajan.
- xvi. Irrota varovaisesti muotti painamalla sylinterimäistä yhdistelmämuovipaikkaa yläpuolelta yhdistelmämuovin täppäimellä. Varmista, että muottia irrottava voima kohdistuu mahdollisimman paljon ylöspäin, jotta yhdistelmämuoviin ei kohdistu sivuttaissuuntaisia voimia.
- xvii. Asettele 36 tunnin ja 6 kuukauden näytteet erillisiin tiiviisiin natriumatsidia sisältäviin astioihin. Varmista, että näytteet peittyvät natriumatsidiin ja eivät ole päällekkäin.

xviii. Laita näytteet 37 °C lämpöiseen lämpökaappiin.

**e. Kontaminaatio sinkkioksidi-eugenolilla (IRM-Caps) 36 tuntia 10 kpl. (ZOE1-ZOE10) ja 6 kuukauden näytteet 10 kpl. (ZOE11-ZOE20) – Koeryhmä, jossa** dentiinin pinnalle asetetaan väliaikainen IRM-paikka kolmeksi vuorokaudeksi, ennen lopullista sidostamista ja yhdistelmämuovin kiinnittämistä.

- i. Huuhtelee näytteistä huolellisesti natriumatsidi pois hanavedellä vetokaapissa.
- ii. Kuivaa kolmithehoruiskulla.
- iii. Merkitse näytteet ZOE1-ZOE20 permanenttitussilla.
- iv. Kierrä IRM-kapselia (Kuva 18.) ja kopauta kaksi kertaa työtason pintaa vasten.
- v. Aseta kapseli kapselinsekoittajaan ja sekoita 10 sekuntia.
- vi. Avaa kapseli ja siirrä IRM-paikka dentiinin pinnalle sondilla.
- vii. Aseta puhdistetulle kostealle dentiinin pinnalle väliaikainen kemialliskovetteinen Dentsply Sirona IRM-paikka. Paina paikkamateriaali tasaisesti dentiinin pintaa vasten karverilla.
- viii. Anna väliaikaisen paikan kovettua kemiallisesti noin 10 minuutin ajan.
- ix. Säilytä näytteitä natriumatsidiliuoksessa ja lämpökaapissa 37 °C kolme vuorokautta.
- x. Kolmen vuorokauden kuluttua huuhtelee näyte huolellisesti vedellä ennen käsittelyä.
- xi. Irrota väliaikainen IRM-paikka sondilla kaikista näytteistä ZOE1-ZOE20. (Kuva 18.)
- xii. Huuhtelee huolella vedellä käyttämällä kolmithehoruiskua.
- xiii. Hankaa vedessä kostutetulla vanupallolla, kunnes dentiinin pinta on puhtaan näköinen. Huuhtelee tämän jälkeen vielä viimeisen kerran vedellä.
- xiv. Hankaa klooriheksidiiniliuoksella (Chx endo 2%) 10 pyyhkäisyn verran käyttämällä kostutettua superlonpellettiä ja atuloita.





- xv. Haihduta klooriheksidiiniä kolmitehoruiskulla puhaltamalla kevyesti, niin että dentiinin pinta on luonnollisen kostea.
- xvi. Levitä Scotchbond Universal -sidosainetta aktiivisesti 20 sekuntia luonnollisen kostean dentiinin pintaan. Katso aika sekunttikellosta.
- xvii. Haihduta liuotin puhaltamalla kovaa kolmitehoruiskulla 5 senttimetrin etäisyydeltä 5 sekunnin ajan. Liikuta kolmitehoruiskua hitaasti sivuttaissuunnassa. Siirrä kolmitehoruisku 2,5 senttimetrin etäisyydelle näytteen pinnasta ja haihduta liuotinta vielä 10 sekuntia.
- xviii. Koveta 3M ESPE Elipar S10 valokovettajalla sidosainetta 15 sekuntia. Aika on ohjelmoituna valokovettajaan. Pidä valokovettajaa tukevasti mahdollisimman lähellä sidosaineen pintaa. Vältä ylimääräisten valolähteiden aiheuttama valoaltistus.
- xix. Aseta näytekappale Unidentin telineeseen. Tarkista, että muovisen muotin aukko asemoituu hampaan dentiinin kohdalle ennen kiristämistä. Kiristä sen jälkeen muotti tukevasti dentiinin pintaan kiinni.
- xx. Täytä muotti Filtek Supreme XTE yhdistelmämuovilla puoleen väliin (noin 2 mm). Tiivistä yhdistelmämuovi käyttämällä yhdistelmämuovi sekä lierio täppäimiä. Täppää yhdistelmämuovi tiiviisti dentiiniä vasten.
- xxi. Koveta ensimmäinen kerros Elipar S10 valokovettajalla. Pidä valokovettaja muotin pintaa vasten, jotta valon intensiteetti on mahdollisimman suuri ja valokoveta 15 sekunnin ajan. Pidä valokovettajan päätä mahdollisimman tukevasti paikoillaan.
- xxii. Lisää Filtek Supreme XTE -yhdistelmämuovia muottiin (noin 2 mm) niin, että muotin sylinterimäinen osa täyttyy kokonaan. Poista ylimäärät muotin reunoilta käsi-instrumenteilla.
- xxiii. Koveta käyttämällä Elipar S10 -valokovettajaa. Pidä valokovettajaa tukeasti muotin pinnassa kiinni ja valokoveta 15 sekunnin ajan.
- xxiv. Irrota varovaisesti muotti painamalla sylinterimäistä yhdistelmämuovipaikkaa yläpuolelta yhdistelmämuovin täppäimellä. Varmista, että muottia irrottava voima kohdistuu mahdollisimman

paljon ylöspäin, jotta yhdistelmämuoviin ei kohdistu sivuttaissuuntaisia voimia.

xxv. Asettele 36 tunnin ja 6 kuukauden näytteet erillisiin tiiviisiin natriumatsidia sisältäviin astioihin. Varmista, että näytteet peittyvät natriumatsidiin ja eivät ole päällekkäin.

xxvi. Laita näytteet 37 °C lämpöiseen lämpökaappiin.

16.) 36 tunnin säilyttämisen jälkeen ota 36 tunnin jälkeen analysoitavat näytteet lämpökaapista. Huuhtelee näytteet vetokaapissa vedellä ja kuivaa kolmithehoruiskulla.

17.) Kokoa Bisco Shear Bond Tester valmistajan ohjeiden mukaan. (Kuva 19.) Aseta työntönopeus mahdollisimman hitaalle.

18.) Aseta näytekappale kohdistajan avulla pidikkeeseen. Tarkista, että näytteen ja pidikkeen pinnat ovat mahdollisimman tarkasti samassa tasossa.

19.) Sääda sidosvoimamittarin yhdistelmämuovitappia työntävää osaa. Työntävän osan tulisi kevyesti olla kosketuksissa yhdistelmämuovitapin kanssa.

20.) Käynnistä sidoslujuumittari. Voimamittari pysähtyy suurimpaan lukemaan, kun yhdistelmämuovitappi irtoaa. Rekisteröi voima.

21.) Mittaa yhdistelmämuovitapin halkaisija ja korkeus työntömitan avulla.

22.) Säilytä näytteet ja tapit pienissä numeroiduissa pakastepusseissa.

23.) Analysoi sidoksen hajoaminen operaatiomikroskoopin avulla (x40) ja luokittele hajoaminen joko sidoksesta tai dentiinistä johtuvaksi.

24.) Toista vaiheet 15-19, kunnes kaikki 36 tunnin jälkeen analysoitavat näytteet on tutkittu.

25.) Kuuden kuukauden kuluttua sidostamisesta ota kuuden kuukauden jälkeen analysoitavat näytteet lämpökaapista.

26.) Huuhtelee näytteet huolellisesti vetokaapissa. Kuivaa kolmithehoruiskulla.

27.) Toista näytteillä mittaukset vaiheiden 16-19 mukaan.